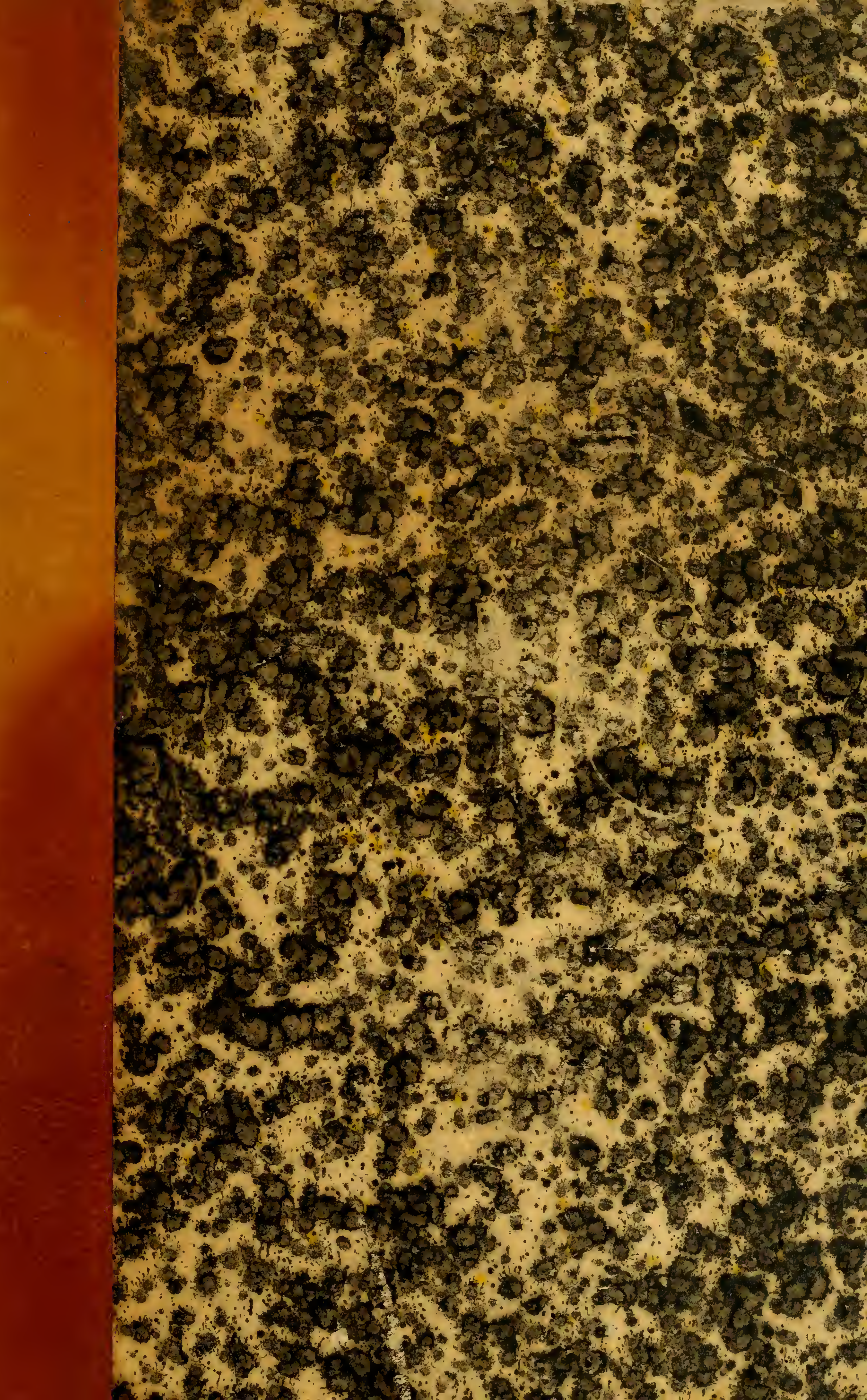






COMPTES RENDUS

HEBDOMADAIRES

DES SÉANCES

DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES.

PARIS. — IMPRIMERIE GAUTHIER-VILLARS ET Cie, QUAI DES GRANDS-AUGUSTINS, 55.

COMPTES RENDUS

HEBDOMADAIRES

DES SÉANCES

DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES,

PUBLIÉS,

CONFORMÉMENT A UNE DÉCISION DE L'ACADÉMIE

EN DATE DU 13 JUILLET 1835,

PAR MM. LES SECRÉTAIRES PERPÉTUELS.

TOME CENT-SOIXANTE-QUINZIÈME.

JUILLET — DÉCEMBRE 1922.

PARIS,

GAUTHIER-VILLARS et Cie, IMPRIMEURS-LIBRAIRES

DES COMPTES RENDUS DES SÉANCES DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES,

Quai des Grands-Augustins, 55.

1922

COMPTES RENDUS

DES SÉANCES

DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 3 JUILLET 1922.

PRÉSIDENCE DE M. ÉMILE BERTIN.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Président** s'exprime en ces termes :

L'Académie des Sciences vient de faire une perte très cruelle : le prince **Albert de Monaco**, Associé étranger, est mort à Paris, lundi dernier, après une longue et douloureuse maladie. Avec lui disparaît une des figures les plus originales et les plus sympathiques du monde scientifique.

Il a eu la gloire de démontrer parmi nous que la grandeur d'un souverain ne se mesure pas à la dimension de ses États, mais à l'usage qu'il fait de son pouvoir pour accroître le patrimoine d'honneur de son pays et contribuer au progrès des connaissances humaines.

Passionné dès son jeune âge pour l'étude de la mer, il a voulu consacrer toutes ses forces à en élucider les problèmes en groupant sous son efficace direction toute une pléiade de collaborateurs. Il leur indiquait les questions que posait sa haute compétence et leur fournissait largement les moyens les plus perfectionnés de les résoudre. Largement aussi, il payait de sa personne. Peut-être a-t-il compromis sa santé et abrégé sa noble vie en pré-

sidant sur son yacht à l'œuvre de ses collaborateurs. Ceux-là seuls, qui ont bravé la mer par tous les temps, connaissent la dureté des épreuves qu'il a partagées en souriant.

Je ne puis énumérer en ce moment tous les travaux qu'il a suscités, les croisières qui, pendant près d'un demi-siècle, ont été accomplies sous son commandement personnel, les magnifiques publications qui en ont été la suite, les merveilleuses collections, uniques au monde, qu'il a rassemblées dans le musée de Monaco, après les avoir retirées des abîmes de la mer.

De cette activité, il est résulté que le prince de Monaco est réellement le fondateur de l'Océanographie et qu'il a su, par son exemple, son enthousiasme, ses encouragements, déterminer l'essor incomparable d'études fructueuses universelles.

Mais le prince Albert avait entrepris de faire sortir du groupe des savants le goût des études de la mer; il voulut le répandre parmi les étudiants et dans le grand public éclairé de ce Paris intelligent qu'il aimait et qu'il admirait, sachant bien que c'était le meilleur moyen de les diffuser au dehors. Pour donner une forme concrète à cette idée, longtemps méditée, il créa l'Institut océanographique où, dans un cadre qu'il voulut artistique et pratique, à côté d'un enseignement supérieur spécialisé, il fit exposer par de nombreux savants les questions maritimes les plus diverses, théoriques et pratiques.

Les origines de l'homme ont fait aussi l'objet de ses préoccupations philosophiques, et c'est pour en faciliter la recherche qu'il a créé ce magnifique Institut de Paléontologie humaine qu'il nous conviait récemment à inaugurer.

Le prince Albert de Monaco a été tout autre chose que ce que l'on est convenu d'appeler un Mécène de la science; il a été un savant pratiquant et passionné, un chercheur original, un promoteur de découvertes. Il a donné aux sciences de la mer, plus particulièrement dans cette France qu'il aimait comme sa seconde patrie, une impulsion décisive. Et c'est en témoignage de reconnaissance pour cette carrière si féconde que notre Compagnie l'appela, presque unanimement, en 1909, à succéder à l'illustre Lord Kelvin.

Messieurs, au nom de l'Académie des Sciences, j'envoie au fils de notre regretté confrère, à son Altesse Sérénissime le Prince souverain Louis de Monaco, l'expression de nos plus vives condoléances.

CYTOLOGIE. — *Sur la structure de la cellule chez les* Iris.
Note de M. **P.-A. Dangeard.**

Dans une Note récente, j'ai décrit avec quelques détails le *plastidome* et le *sphérome* dans les feuilles d'*Iris germanica :* pour compléter cette étude, je vais passer ici rapidement en revue les caractères de ces mêmes formations : 1° *dans le tissu conducteur;* 2° *dans les pétales et les sépales;* 3° *dans les étamines;* 4° *dans l'ovaire et les ovules.*

1° *Tissu conducteur.* — Toutes les cellules du tissu procambial possèdent un cytoplasme dense, un noyau très allongé, un plastidome formé de plastes filamenteux ou *mitoplastes* très chromatiques, un sphérome constitué de très nombreux microsomes sphériques également très chromatiques : plastes et microsomes sont d'ordinaire dispersés dans toute la cellule procambiale (*fig.* 1, A).

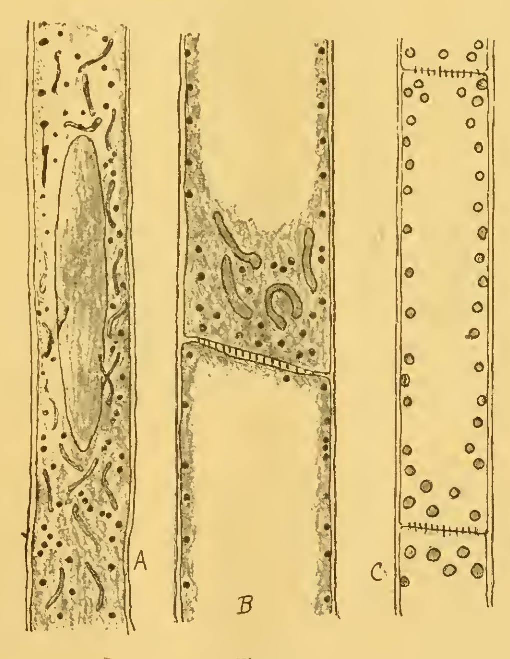


Fig. 1

On sait qu'une partie de ces cellules évolue en vaisseaux ligneux, alors que les autres se différencient en cellules grillagées et cellules annexes.

Les renseignements que je possède sur l'évolution des vaisseaux ligneux

sont actuellement trop incomplets pour en faire mention : mais, par contre, j'ai pu suivre le développement des cellules grillagées. Pendant que le crible se forme, le nombre des vacuoles augmente dans le cytoplasme qui finit par se réduire à une couche pariétale, souvent plus abondante au niveau de la cloison : à ce stade, on distingue encore *mitoplastes* et *microsomes* (*fig.* 1, B); plus tard, noyau et mitoplastes sont plus ou moins confondus en une masse chromatique amorphe : puis le cytoplasme disparaît complètement, en même temps que cette masse chromatique. Il ne reste plus dans les cellules grillagées que d'assez nombreuses pelotes chromatiques qui semblent dériver des microsomes, mais sont de taille plus grosse : c'est sous ce dernier état que se présentent tous les tubes criblés du tissu conducteur adulte (*fig.* 1, C).

Les fibres présentent une évolution analogue : seules, les quelques cellules annexes qui accompagnent le faisceau libérien conservent intacts leur noyau, leurs plastes et leurs microsomes.

2° *Pétales et sépales.* — L'observation du *plastidome* et du *sphérome* dans ces organes est facile à faire sur le vivant, à condition de choisir une espèce d'*Iris* à fleur jaune comme l'*Iris lutescens*. Il suffit d'examiner un jeune pétale ou un jeune sépale de cette espèce pour distinguer autour du noyau dans l'épiderme de magnifiques xanthoplastes filamenteux : la forme de ces plastes ne présente d'ailleurs aucune importance, car d'autres cellules voisines montrent fréquemment des xanthoplastes en gros bâtonnets ou en disques irréguliers. Cette observation vitale peut naturellement être complétée par une étude après fixation et coloration; mais celle-ci n'apprendra rien de bien nouveau : les microsomes que l'on voit dans la cellule vivante sous la forme de sphères assez réfringentes, se colorent par l'hématoxyline en noir foncé, comme je l'ai indiqué dès le début de mes recherches.

3° *Étamines.* — Constatons tout d'abord que la distinction du *plastidome* et du *sphérome* est toujours possible, avec un bon matériel, dans le connectif et aussi dans les assises qui constituent la paroi des sacs polliniques.

Je m'attacherai ici plus particulièrement à la structure des *cellules mères des grains de pollen* et à celle des *grains de pollen eux-mêmes*.

Dans les *cellules mères des grains de pollen*, alors que le noyau est encore à l'état de repos, le cytoplasme est très dense et homogène : il renferme de nombreux éléments très chromatiques que l'on pourrait considérer à un premier examen comme appartenant à une même formation. Mais si l'on a employé le fixateur Laguesse de préférence au fixateur Regaud, on ne tarde

pas à s'apercevoir qu'en réalité, ces éléments chromatiques sont de deux sortes (*fig.* 2, A) : les uns, *groupés à la surface du noyau*, sont plus gros, en forme de disques ou de courts bâtonnets : ce sont les plastes. Les autres éléments sont plus petits, tous de même grosseur; ils sont disséminés dans le cytoplasme : ce sont les microsomes.

Plus tard, quand la cellule mère montre son noyau en division, les plastes n'ont plus le même aspect, ni la même électivité; ils sont plus gros et disséminés dans le cytoplasme, alors que les microsomes ont conservé leurs mêmes caractères (*fig.* 2, B).

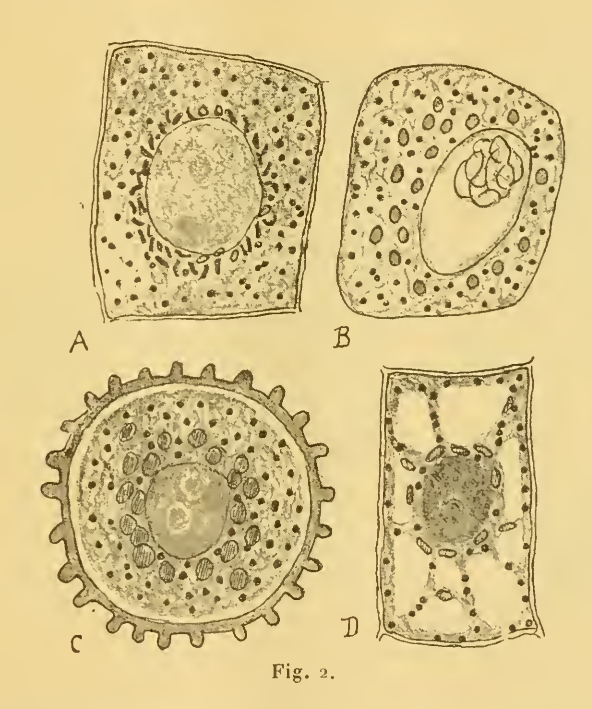


Fig. 2.

La *structure du grain de pollen* se voit nettement après une bonne fixation et une bonne coloration; la membrane externe ou exospore est très épaisse et forme une coque résistante; elle est recouverte d'épaississements disposés en réseaux; à l'intérieur, le cytoplasme renfermant deux noyaux est tantôt très dense, tantôt vacuolaire; les plastes se distinguent facilement des microsomes en ce qu'ils sont beaucoup plus gros, restent peu colorés, alors que les microsomes ont une teinte noire foncée avec l'hématoxyline, sont sphériques et tous de même grosseur (*fig.* 2, C).

4° *Ovaire et ovules.* — Dans les *ovules*, le sac embryonnaire a la forme d'un sac très allongé, renflé à l'avant, aminci à l'arrière : le noyau occupe

la partie antérieure : ce noyau en se divisant présente le nombre réduit de chromosomes.

La structure de ce sac embryonnaire est exactement identique, au point de vue du plastidome et du sphérome, à celle du grain de pollen (*fig.* 3, D) : on y retrouve les plastes assez gros et assez nombreux, peu colorables par l'hématoxyle ferrique, puis les microsomes petits et nombreux, tous d'un beau noir foncé. La distinction du plastidome et du sphérome est donc aussi nette dans le sac embryonnaire que dans le grain de pollen, et cette constatation a un grand intérêt au point de vue des phénomènes ultérieurs de la fécondation.

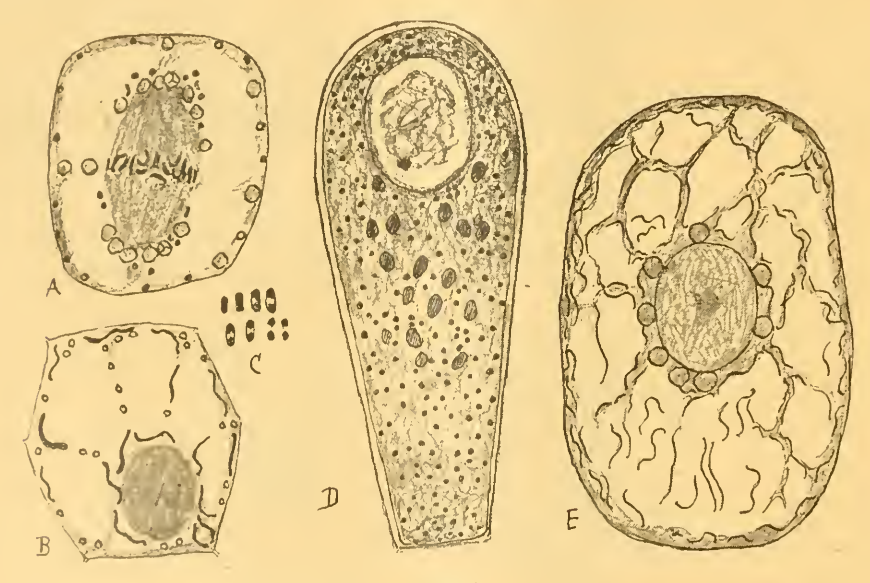


Fig. 3.

Je n'ai pu malheureusement assister à la fusion des gamètes, car les diverses variétés d'*Iris* dont je disposais restent ordinairement stériles : mais il est facile de prévoir que l'œuf contient réunis dans son cytoplasme les plastes et les microsomes d'origine paternelle et maternelle.

Deux questions ont encore plus spécialement attiré mon attention : celle du *mode de multiplication des microsomes* et celle de leur *comportement pendant la division cellulaire*.

On sait depuis longtemps que les plastes se multiplient par bipartition et que jamais ils ne naissent de *novo* dans le cytoplasme : aussi les considère-t-on comme des éléments vivants au même titre que le noyau.

Les auteurs qui ont réuni dans une même formation les plastes et les

microsomes sous le nom de *chondriome* ont étendu tout naturellement aux microsomes la propriété de division que possèdent les plastes : mais nous venons de voir que les microsomes n'ont aucun lien de parenté avec les plastes : le problème de leur multiplication reste donc assez obscur.

Sans insister sur les difficultés que présente une telle observation pour offrir des garanties de certitude, je dirai ce que j'ai constaté dans l'*Iris*. Mon attention s'est portée principalement sur de nombreuses cellules en division, occupant le sommet d'un ovaire jeune (*fig*. 3, B) : c'est là que j'ai vu de nombreux cas de bipartition qui m'ont paru tout à fait démonstratifs. Les microsomes qui vont se diviser (*fig*. 3, C) s'allongent en un très court bâtonnet d'apparence homogène et chromatique en tous ses points : la chromatine se sépare ensuite en deux calottes hémisphériques qui restent quelque temps réunies par une partie médiane incolore; les deux calottes chromatiques s'arrondissent et les deux nouveaux microsomes deviennent libres et s'éloignent l'un de l'autre (*fig*. 3, B). Il semble donc démontré que les microsomes, tout comme le noyau et les plastes, sont des éléments vivants de la cellule végétale.

Dans la division cellulaire, au moment où le spirème et les chromosomes apparaissent, la quantité de chromatine qui se forme dans le noyau est considérable : quelle est l'origine de cette chromatine? On aurait pu supposer que le sphérome, à cette occasion, abandonnait une partie de la chromatine fixée sur les microsomes, chromatine qui aurait été utilisée directement dans les phénomènes nucléaires.

L'observation n'a ni infirmé ni confirmé cette hypothèse : je n'ai trouvé aucune différence de chromatisme appréciable entre le sphérome d'une cellule en division et celui d'uue cellule au repos (*fig*. 3, A); tout au plus, ai-je noté la présence de quelques microsomes plus gros, avec centre incolore et surface chromatique en couronne; mais ce phénomène, encore inexpliqué, n'est pas rare dans certains organes.

Lorsqu'on observe une cellule vivante, on assiste parfois à la rupture de fins trabécules cytoplasmiques qui se contournent et s'agitent avant de se fondre à nouveau dans la masse; d'autre part, la couche superficielle des cordons cytoplasmiques et de ses plus fines ramifications peut prendre, surtout dans les cellules âgées, des propriétés particulières, elle devient chromatique au contact du vacuome; telle est l'explication très simple de certaines fibrilles parfois très longues, colorées par l'hématoxyline ferrique et qui n'appartiennent ni au plastidome, ni au sphérome (*fig*. 3, E).

Les conclusions générales de cette étude sont les suivantes : elles con-

firment et complètent les résultats de mes recherches sur la structure de la cellule végétale.

1° Le *plastidome* et le *sphérome* ont une existence aussi générale que le noyau dans la cellule végétale.

2° Ces deux formations sont nettement indépendantes : elles se transmettent parallèlement à travers les générations successives sans avoir aucun point de contact.

3° Les plastes du *plastidome* se présentent avec des formes très variables (*sphéroplastes*, *mitoplastes*, *discoplastes*, etc.); ils jouent des rôles variés dans le métabolisme cellulaire (*xanthoplastes*, *carotinoplastes*, *chloroplastes*, etc. ; *amyloplastes*, *oléoplastes*, etc.).

Les microsomes du *sphérome* sont normalement sphériques (*sphérosomes*) : la forme en bâtonnet est un stade de division ou une déformation (*mitosomes*); certains aspects semblent indiquer une transformation possible des microsomes en globules oléagineux (*oléosomes*).

4° Le plastidome et le sphérome existent dans les grains de pollen et dans le sac embryonnaire : leur présence dans l'œuf n'est pas douteuse ; il est nécessaire d'en tenir compte au point de vue de la transmission des caractères héréditaires.

ÉLECTRICITÉ. — *Sur l'arc électrique dissymétrique entre charbons et métaux.* Note de M. **André Blondel**.

Une Note récente de MM. Dunoyer et Toulon [1] a rappelé l'attention sur l'intéressant phénomène de l'arc entre charbon et métal, et j'ajouterai à ce sujet quelques remarques complémentaires. J'ai signalé dès 1901, dans un autre recueil [2], que le rallumage de l'arc ne peut se faire que si la cathode est assez chaude pour permettre un amorçage sur cette cathode. J'appelais alors ce phénomène d'amorçage « une petite étincelle jaillissant de la cathode et se propageant jusqu'à l'anode »; dans la terminologie actuelle, on parle plutôt d'ionisation de la cathode, mais ce n'est qu'un changement de mot, et en réalité, il s'agit toujours de l'émission d'électrons par un corps à l'incandescence [3]. J'en ai conclu à l'impossibilité de rallumer

(1) *Comptes rendus*, t. 174, 1922, p. 1615.

(2) *Revue générale des Sciences*, 30 juillet 1901, p. 666.

(3) C'est pourquoi mes anciennes expériences et l'explication que j'en ai donnée constituent une antériorité certaine par rapport aux publications faites ultérieurement sur le même sujet par le physicien allemand Stark, à qui l'on attribue ordinairement, à tort, la découverte de la nécessité de l'ionisation de la cathode.

un arc dont la cathode reste froide. Cette conclusion a été vérifiée depuis lors par de nombreux auteurs, notamment en faisant tourner une cathode en charbon; lorsque la rotation est assez rapide pour que le charbon n'atteigne pas l'incandescence, l'arc s'éteint et ne se rallume pas.

Dans ces conditions, l'arc Garbarini présente une apparence paradoxale, puisque la cathode est formée par un métal constamment refroidi. MM. Dunoyer et Toulon attribuent la possibilité d'entretien de l'arc dans ces conditions au fait que la température du point de jaillissement sur le métal serait une température bien supérieure à celle de l'ensemble de l'anneau refroidi. Mais on peut objecter que, par suite de la rotation rapide de l'arc Garbarini, jamais le point de la cathode n'a le temps d'atteindre une température d'incandescence; il faut donc chercher ailleurs l'explication du phénomène. Elle peut être trouvée dans le fait qu'une partie du carbone vaporisé par l'anode en charbon se dépose constamment en couche très mince sur l'anode refroidie, c'est donc en réalité sur une cathode de charbons extrêmement mince, qui peut atteindre facilement l'incandescence bien que le support soit refroidi, que doit jaillir l'arc.

Ce phénomène paraît différent de celui du redresseur à mercure, dont la cathode reste sensiblement fixe.

En présentant à l'Académie le volume qu'il vient de publier, dans la nouvelle collection scientifique, sous le titre : *Éducation et Enseignement, Notices et discours,* M. Appell s'exprime comme il suit :

Ce Volume contient des notices, des discours et divers articles qui, tout en se rapportant à des sujets précis, admettent des développements d'ordre général. En me bornant ici aux questions qui relèvent plus directement de notre Académie, je citerai la Notice sur Ossian Bonnet, l'analyse d'un Ouvrage de M. de Freycinet, des articles sur Hermite, Poincaré, Darboux, Jacobi, Teisserenc de Bort, Alfred Picard, Van Tieghem, des discours prononcés comme Président de l'Institut et comme Président de l'Académie en 1914, etc.

Pour que la France continue à occuper, au premier rang des nations, la place à laquelle elle a droit, il est nécessaire qu'elle garde à la Science le culte fervent que, depuis trois siècles, elle lui consacre avec tant d'éclat. Le labeur scientifique est une œuvre patriotique entre toutes.

M. G. **Lemoine**, au nom de M. le Comte **Regnault de Beaucaron**, fait hommage de trois Livres publiés par cet auteur en souvenir de sa famille dans les trois derniers siècles et notamment : *Trois jours en Blessois et en Orléanais*.

Au point de vue de l'Académie des Sciences, cet Ouvrage est surtout intéressant par les renseignements très précis et détaillés qu'il donne sur la vie et les œuvres de Philippe de La Hire (1648-1718), Membre de l'Académie des Sciences, qui eut une grande réputation à la fois comme astronome et comme architecte. M. Regnault est un de ses descendants.

Philippe de La Hire a eu deux fils, Membres comme lui de l'Académie des Sciences, l'un qui s'était occupé de médecine, l'autre de botanique.

ÉLECTIONS.

M. **Émile Picard**, pour la Division des Sciences mathématiques; **A. de Gramont**, Académicien libre, sont élus Membres de la Commission du Fonds Bonaparte en remplacement de M. *D. Berthelot*, Membre sortant non rééligible, et de M. *J. Carpentier*, décédé.

Par 34 voix, contre 3 à M. *J.-B. Senderens* et 2 à M. *Paul Pascal*, M. **Albert Recoura** est élu Correspondant de l'Académie pour la Section de Chimie, en remplacement de M. *Ernest Solvay*, décédé.

CORRESPONDANCE.

M. le **Secrétaire perpétuel** annonce le décès de M. **Otto Lehmann**, Correspondant de l'Académie pour la Section de Minéralogie, survenu le 17 juin 1922.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° Mission du Service géographique de l'Armée pour la mesure d'un

arc de méridien équatorial en Amérique du Sud, sous le contrôle scientifique de l'Académie des Sciences. Tome 6, 2e fascicule : *Ethnographie ancienne de l'Équateur.*

2° *The free-living unarmored dinoflagellata*, by CHARLES ATWOOD KOFOID and OLIVE SWEZY.

3° E. HAUDIÉ. *Cours d'Électricité générale de l'École navale.* Tome I : *Courants continus.* Première Partie : Électrocinétique, Electromagnétisme, Appareils de mesures, Aimantation induite. Tome II : *Courants continus.* Deuxième Partie : mesures, circuits magnétiques, induction, dynamos et moteurs à courants continus. (Présenté par M. Daniel Berthelot.)

4° Nouvelle édition augmentée de la *Liste des Algues marines de Nice*, par A. CAMOUS. (Présenté par M. D. Berthelot.)

5° *Catalogue des roches et des minéraux de la collection* A. CAMOUS. (Présenté par M. D. Berthelot.)

M. A. **LAMBRRT** adresse un Rapport sur l'emploi qu'il a fait d'une subvention accordée sur la *Fondation Loutreuil* en 1921.

M. A. **KARPINSKY** adresse des remercîments pour la distinction que l'Académie a accordée à ses travaux.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur les solutions singulières des équations différentielles du premier ordre.* Note de M. **ARMAND CAHEN**, présentée par M. Appell.

I. Posons $u = ypx$, $v = p = \frac{dy}{dx}$; toute fonction de u et de v $H(u, v)$ sera dite *fonction de contact.* Si $F(u, v, x) = 0$ de degré m en x a son intégrale algébrique $\Phi(u, v, C) = 0$ de degré m en C, celle-ci sera dite *intégrale de contact.* On peut l'écrire aussi $\varphi(u, v) = C$, φ étant une fonction de contact à m valeurs que j'appellerai *coefficient intégral.* Soient D et Δ les discriminants de F et Φ.

D'après A. Cayley $D = K^2 IS$, $\Delta = T^2 I^3 S$; K, I, S, T étant des polynomes de contact sans facteurs multiples. S correspond à *des* intégrales singulières; I, T et K respectivement aux tangentes stationnaires doubles et des contacts des intégrales particulières. Les solutions singulières, quand elles

existent peuvent comprendre : 1° des solutions (A)($S=0$) correspondant aux facteurs simples de Δ; 2° des solutions (B) (linéaires) rendant indéterminé le coefficient intégral et par suite annulant les coefficients de toutes les puissances de C dans Φ. Dans le cas où C entre au premier degré, seules les solutions (B) peuvent exister.

Par exemple soient les trois intégrales de contact

(1) $(p-\alpha)C^2-2(y-px-\beta)C+(p-\alpha)^2=0 \quad [8(y-\alpha x-\beta)=C(C-2x)^2]$,
(Intégrale ordinaire.)

(2) $$C^2-2(y-px-\beta)C+p-\alpha=0,$$

(3) $$\left\{\begin{aligned} &C^2-2[8u^3-12u^2+3u+f(v)]C+8[2f(v)-1]u^2+6f(v)u+f^2(v)\\ &\quad\equiv[C-8u^3+12u^2-3u-f(v)]^2-64u^3(u-1)^3=0.\end{aligned}\right.$$

Pour (1), la solution (A) $4(y-px-\beta)-27x^3=0$ dérive de $(y-px-\beta)^2-(p\alpha)^3=0$. La solution (B) annule les trois coefficients $p-\alpha$, $y-px-\beta$, $(p-\alpha)^2$; c'est donc $y-\alpha x-\beta=0$.

Pour (2), pas de solution (B). La solution (A) $4x(y-\alpha x-\beta)+1=0$ dérive du discriminant $(y-px-\beta)^2-(p-\alpha)=0$. Enfin, pour (3), il n'existe ni solution (A), ni solution (B); donc pas d'intégrale singulière.

II. Posons $f(p)=(p-a_1)(p-a_2)\ldots(p-a_n)$ et soit λ le degré de φ en u, $xf(v)+\varphi(u,v)=0$ l'équation pour laquelle le lieu des points stationnaires se compose de droites. Ces droites $\varphi(y-a_i x, a_i)=0$ parmi lesquelles figurent éventuellement les solutions singulières sont $n\lambda$ solutions de l'équation de Clairaut $\varphi(u,v)=0$. L'équation $f(v)=0$ sera dite *équation déterminante* des intégrales linéaires.

Un cas particulier est celui de l'équation de Bernoulli-d'Alembert

$$xf_1(p)+y\varphi(p)+\psi(p)=0,$$

qu'on ramène à la forme de contact

(4) $$xf(p)+(y-px)\varphi(p)+\psi(p)=0 \qquad [f(p)\equiv f_1(p)+p\varphi(p)]$$

$f(p)=0$ [ou $f_1(p)+p\varphi(p)\equiv 0$] est l'équation déterminante. L'équation (4), en général, n'admet pas d'intégrale singulière. Supposons l'intégrale de contact rationnelle en p

(5) $$[(y-px)H(p)+K(p)]\frac{L(p)}{M(p)}=C.$$

Si $M(p)$ ne se réduit pas à une constante, il y a des solutions (B) singulières

$$M(p_i)=0, \qquad (y-p_i x)H(p_i)+K(p_i)=0.$$

Soit, par exemple, l'équation [1]

$$xf(p) + (y - px - A)[f'(p) - \lambda f(p)] = 0 \qquad (\lambda \text{ constante}),$$

Son intégrale $e^{\lambda p}(y - px - A) : f(p) = C$ met en évidence le faisceau des solutions (B) singulières

$$f(p_i) = 0, \qquad y - p_i x - A = 0.$$

III. *Multiplicateur.* — Si (4) est la dérivée d'une fonction de contact $H(y - px, p)$, on a

$$\int H(y - px, p)\,dp = C.$$

Par exemple, $y - 2px - A(p) = 0$ a pour intégrale

$$p(y - px) - \int A(p)\,dp = C.$$

Sinon, soit $y - x\Theta(p) - \psi(p) = 0$ (Θ, ψ rationnels), soit le multiplicateur

$$M(p) = e^{\int \frac{dp}{\Theta(p) - p}};$$

$M(p)[y - x\Theta(p) - \psi(p)]$ est la dérivée d'une fonction de contact; et l'intégration s'achèvera à l'aide d'une nouvelle quadrature [2].

IV. *Équation de Serret.* — Si $A(p)$ est un polynome en p, et si, de plus, $A(p) \equiv p^2$, on a l'équation de Serret [3], dont le premier membre est une

---

[1] Pour l'équation plus générale

$$xf(p) + (y - px - A)\{\lambda(p)[f(p)]' + f'(p)\} + [f(y)]^{m+1}K(p) = 0,$$

toutes les racines de $f(p) = 0$ supposées simples correspondent à des intégrales singulières et formées également d'un faisceau de droites $y - p_i x - A = 0$.

[2] Soient $F(p) \equiv y - p^2 x - p^3 \equiv p(1 - p)x + (y - p^2) - p^3 = 0$, $M(p) = \frac{1}{p^2}$; $\int M(p)F(p)\,dp \equiv y\left(-\frac{1}{p} + \alpha\right) - x(p + \beta) - \frac{p^2}{2} = C$ contient trois constantes α, β, C, l'une C *essentielle*, les deux autres α, β que l'on *pourra* déterminer de façon que $\int MF\,dp$ soit de contact; d'où

$$p\left(\alpha - \frac{1}{p}\right) \equiv p + \beta, \qquad \alpha = 1, \qquad \beta = -1 \quad \text{et} \quad \left[(y - px)(p - 1) - \frac{p^2}{2}\right] : p = C.$$

[3] C'est le premier exemple étudié (1867) d'équation (4) dénuée d'intégrale singulière, alors que l'on admettait implicitement le contraire. Le procédé indiqué auparavant par Navier, pour la recherche de l'intégrale singulière, revenait à la détermination des intégrales linéaires, parmi lesquelles, nous l'avons vu, figurent *éventuellement* les intégrales singulières.

dérivée de contact

$$(6) \qquad F(p) \equiv y - 2px - p^2 = 0, \qquad \int F(p)\,dp \equiv p\left(y - px - \frac{p^2}{3}\right) = C.$$

Le coefficient intégral étant un polynome en p, il n'y a pas de solution singulière.

L'équation déterminante $f(p) \equiv p = 0$ donne l'intégrale linéaire $y = 0$, qui, annulant simultanément les deux facteurs du coefficient intégral, est une solution *double* de l'intégrale ordinaire. $C = 0$ est donc une *constante remarquable* au sens de *M. Painlevé*. Pour $C = 0$, il y a une autre intégrale $4y + 3x^2 = 0$, qui dérive de $y - px - \frac{p^2}{3} = 0$. Tout cela concorde bien avec la forme connue de l'intégrale générale

$$0 = (3xy + 2x^3 + C)^2 - 4(y + x^2)^3 \equiv C^2 + 2(3y + 2x^2)C - (4y + 3x^2)y^2.$$

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur le déplacement des zéros des fonctions entières par leur dérivation.* Note de M. **Miécislas Biernacki**, présentée par M. Emile Borel.

Il semble qu'on s'est occupé relativement peu, jusqu'ici, de l'extension des théorèmes classiques de Rolle et de Laguerre [1] à la théorie générale des fonctions analytiques.

Voici un résultat que j'ai obtenu à ce sujet dans le cas des fonctions entières d'ordre fini.

Je considère une fonction entière $F(z)$ d'ordre fini, ayant tous ses zéros sur une droite D du plan complexe. Je désigne par a_n ces zéros, posant $|a_n| = n^{\lambda_n}$, par λ'' et λ' respectivement la plus petite et la plus grande limite d'indétermination des λ_n, par p le genre du produit canonique, par q celui du facteur exponentiel.

Je fais, en outre, les hypothèses suivantes :

1° Si $q \leq p$, l'ordre réel n'est pas un entier par excès.

2° Si $q = p =$ un entier impair et si $\lambda' \geqq \frac{1}{p}$, les exposants de convergence des deux suites de modules des zéros relatives aux deux demi-droites de D (en choisissant l'origine arbitrairement sur D) sont différents.

(Il est probable que ces restrictions ne sont nullement essentielles et ne

(1) *Comptes rendus*, t. 94, 95, 98; Borel, *Leçons sur les fonctions entières*, p. 37.

sont exigées que par la méthode élémentaire de démonstration employée ici).

Dans ces conditions, on a le théorème :

La droite D *est une « ligne d'accumulation » des zéros de la dérivée* ou, en termes plus précis :

Il n'y a, en dehors d'un angle d'ouverture ε, *ayant pour bissectrice une parallèle à la droite* D *considérée qu'un nombre fini de zéros de* $F'(z)$, *et cela quelque petit que soit* ε.

Ce théorème entraîne immédiatement une conséquence intéressante.

Soit $F(z)$ *une fonction entière d'ordre fini, non entier, et* a *et* b *deux constantes. Si toutes les racines de l'équation* $F(z) - a = 0$ *sont situées sur une droite* D, *celles de l'équation* $F(z) - b = 0$ *sur une droite* D' *et si la condition* 2° *est vérifiée, les droites* D *et* D' *sont parallèles.*

Dans la démonstration (où je suppose, comme il est permis, tous les zéros réels), je considère d'abord la partie réelle et le coefficient de i de $\frac{F'(z)}{F(z)}$ et en posant $(x+iy)^p = R_p(x, y) + iS_p(x, y)$ je multiplie ces quantités respectivement par S_p et $-R_p$ et j'ajoute les produits obtenus, puis je répète la même opération avec les multiplicateurs $yR_p - xS_p$ et $xR_p + yS_p$.

J'obtiens ainsi les deux combinaisons

$$(1) \qquad y(x^2+y^2)^p \sum \frac{1}{a_n^p[(x-a_n)^2+y^2]} + W_{p+q-1}(x, y) = 0,$$

$$(2) \qquad y(x^2+y^2)^p \sum \frac{1}{a_n^{p-1}[(x-a_n)^2+y^2]} + U_{p+q} \quad (x, y) = 0,$$

W_{p+q-1} et U_{p+q} étant des polynomes de degrés indiqués par leurs indices. Je pose ensuite $x = ty$ et j'étudie ces équations, en donnant à t les valeurs de 0 à t_1 (t_1 correspondant à ε).

Si $q \leqq p$ *et si* p *est pair*, j'utilise l'équation (1) : la série qui y figure est (si $y > 0$) plus grande que $\frac{y^{2p-1}}{(1+t_1)^2} \sum \frac{y^2}{a_n^p(y^2+a_n^2)}$; la série $\sum \frac{1}{a_n^p}$ étant divergente, cette expression croît plus vite que le polynome $W_{p+q-1}(x, y)$.

Si $q \leqq p$ *et si* p *est impair*, je me sers de l'équation (2) ; je remplace encore la somme y figurant par la somme plus petite : $\frac{y^{2p-1}}{(1+t_1)^2} \sum \frac{y^2}{a_n^{p-1}(a_n^2+y^2)}$.

Si $q < p$ la démonstration est la même qu'au cas de p pair.

Si $q = p$ et $\lambda' < \frac{1}{p}$ on trouve que la dernière somme est d'ordre en y plus grand que $2p$.

Enfin si $\lambda' \geqq \frac{1}{p}$ et si les exposants de convergence de zéros positifs et négatifs, soient ρ_1 et ρ_2, diffèrent, j'utilise (1) après l'avoir divisée par $y^{p-1+\tau}$ où, par exemple, $\rho_1 < \tau < \rho_2$. L'on voit alors que la partie du premier membre de (1) correspondante au polynome $W p + q - 1$, ainsi que la partie de la somme correspondante aux zéros positifs, tendent vers zéro avec $\frac{1}{y}$, tandis que la partie correspondante aux zéros négatifs augmente indéfiniment.

Si $q > p$, je me sers de (1) ou de (2), je remplace les sommes qui figurent dans ces expressions par des sommes plus grandes en valeur absolue :

$$\sum \frac{1}{|a_n|^p[(ty - |a_n|)^2 + y^2]} \quad \text{ou} \quad \sum \frac{1}{|a_n|^{p-1}[(ty - |a_n|)^2 + y^2)},$$

et je démontre, en les remplaçant par des intégrales, qu'elles sont en y de l'ordre $\frac{1}{\lambda''} - (p+2)$ ou $\frac{1}{\lambda''} - (p+1)$, ce qui fait que les équations (1) et (2) ne peuvent être vérifiées pour y suffisamment grand.

On a d'ailleurs dans ce cas : $q > p$, une autre démonstration, très simple, en utilisant une proposition due à M. Boutroux (*Sur quelques propriétés des fonctions entières*, p. 49) : la dérivée logarithmique du produit canonique du genre p est, en dehors d'un angle comprenant l'axe réel, plus petite en module que $\varepsilon(r) r^p$ $\left[|z| = r \text{ et } \varepsilon(r) \text{ tend vers zéro avec } \frac{1}{r}\right]$. La dérivée logarithmique de la fonction considérée s'écrit en effet, en désignant par $\varphi(z)$ celle du produit canonique : $\varphi(z) + \psi(z)$, $\psi(z)$ étant un polynome de degré p au moins; l'on a donc $\left|\frac{\varphi(z)}{\psi(z)}\right| < 1$, en dehors de l'angle comprenant l'axe réel, si $|z|$ est suffisamment grand.

ASTRONOMIE. — *Contribution à l'étude de la surface des planètes.* Note de M. R. JARRY-DESLOGES, présentée par M. Bigourdan.

Les observations systématiques des surfaces planétaires, et de Mars en particulier, commencées en 1907, au Revard, ont été continuées en mai et juin de cette année à Sétif, avec des réfracteurs de $0^m,37$ et de $0^m,26$ d'ouverture; ce dernier est construit avec des matières nouvelles permettant de supprimer presque complètement le spectre secondaire, bien que

l'objectif n'ait aussi que deux verres. Un réfracteur de $0^m,50$ n'a pu être utilisé en raison de la grande déclinaison australe de la planète Mars.

Les observations poursuivies avec les deux objectifs de $0^m,37$ et de $0^m,26$ d'ouverture, par M. G. Fournier, montrent que pour l'étude de la surface des planètes il y aurait un grand avantage à placer sur le même pied un objectif à deux verres à spectre secondaire très réduit et un autre fait avec les silicates ordinaires et donc à spectre secondaire très développé. En effet, les colorations des plages planétaires observées avec les deux objectifs présentent parfois des différences importantes dans leur apparence. En général, elles sont moins accusées dans le réfracteur dit : sans spectre secondaire, et les tonalités claires et brillantes s'y discernent aussi moins fréquemment. Dans tous les cas, chacun de ces objectifs a permis de voir, sur le disque de certaines planètes, des plages que l'autre n'avait pas montrées.

Malgré la grande déclinaison australe de la planète Mars, des phénomènes très intéressants ont déjà pu être notés à Sétif. La discussion est à peine commencée; mais on peut dès maintenant avancer que le voile mystérieux (ou la décoloration de certaines plages sombres de l'hémisphère austral), observé par nous au Revard en 1909, a été revu au cours d'une saison martienne assez similaire, ce qui ferait croire que l'on a affaire à une cause saisonnière.

On peut se demander alors pourquoi un phénomène d'une pareille importance n'a pas été signalé par les observateurs antérieurs de Mars? Cependant, à mon avis, un fait encore plus important a été à nouveau constaté : c'est le vague, l'insaisissabilité des rivages de certaines plages sombres australes sur leur bord Sud. Déjà, cette anomalie m'avait beaucoup frappé en 1907 et, depuis cette époque, ces rivages avaient été suivis avec le plus grand soin à mes observatoires. A peu près toujours, même par des conditions d'obliquité de la vision on ne peut plus défavorables, ces rivages avaient été vus nettement délimités. Or, en mai dernier et même au commencement de juin, ils étaient fort mal arrêtés au Sud, à la même saison martienne ou à peu près qu'en 1907. Mais, actuellement, on constate à Sétif que leur netteté se manifeste à nouveau, dans certaines régions, de manière progressive.

On pourrait croire qu'en 1922 ce fait serait plus ou moins lié avec la régression du voile mystérieux sur les régions australes, qui disparaît aussi de façon progressive. Toutefois, en 1907 il n'en était pas ainsi, et aucun voile n'a été observé au moment où l'indécision des rivages Sud était

extrême. On ne peut donc avancer que ces deux phénomènes sont forcément connexes.

Bien d'autres observations faites actuellement sur Mars sont importantes, et démontrent que si certains changements distingués dans les plages sombres peuvent être en relation avec les saisons de cette planète, d'autres ne le sont pas. Je ne signalerai ici que le développement si gigantesque encore en 1922 du système *Lacus Mœris-Nepenthès-Thoth-Nuba*, qui était pratiquement invisible, en 1907, à peu près à la même saison martienne.

Ajoutons qu'actuellement le système des traînées sombres entourant la plage appelée *Lacus Solis* est très important et que la plage dénommée *Lacus Phœnicis* est particulièrement vaste. *Juventæ Fons* a été vue.

ASTRONOMIE. — *Distribution des étoiles dans la zone de Paris du Catalogue astrophotographique.* Note de M. **Jules Baillaud** et de M[lles] **Bonnet, Clavier** et **Lhomme**, présentée par M. B. Baillaud.

Une des voies les plus importantes permettant d'aborder l'étude de la constitution du monde sidéral est le simple dénombrement des étoiles dans les diverses régions de la voûte céleste et pour les diverses magnitudes. Maintenant que le travail attribué à l'Observatoire de Paris est à peu près complet, il nous a semblé que nous devions, sans plus attendre, en faire l'application à l'étude de la répartition des étoiles dans notre zone. Nous donnons ici les premiers résultats obtenus d'après la série des plaques du Catalogue.

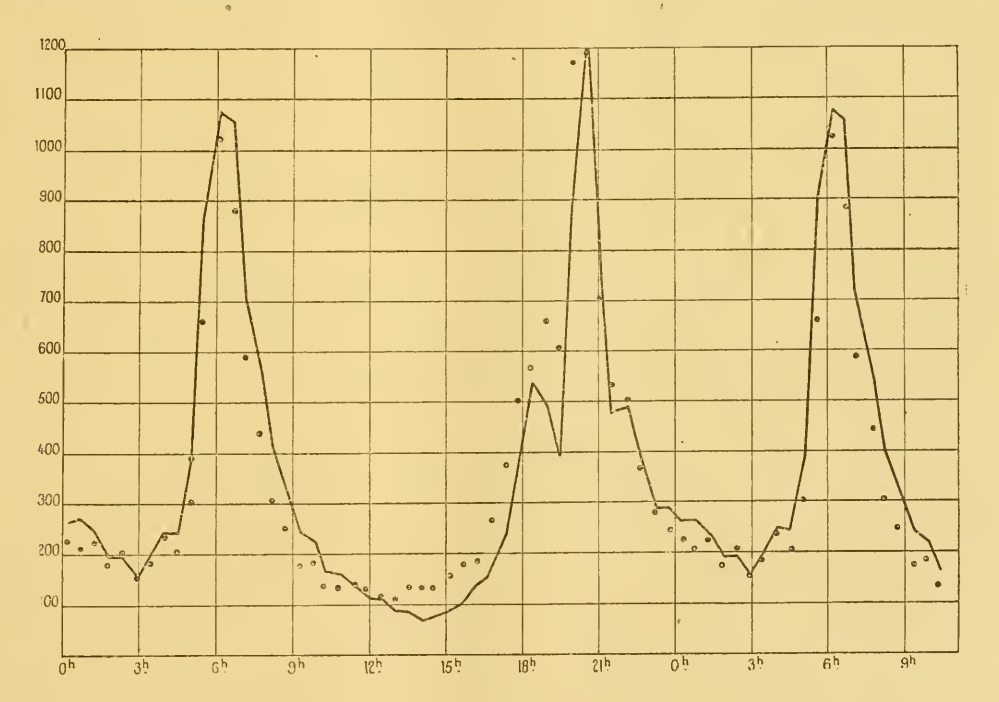
Malgré toutes les précautions prises, nos documents sont loin d'être homogènes. Les clichés voisins présentent souvent dans le nombre des images stellaires des différences considérables qui ne sont dues qu'aux variations des conditions actiniques de l'atmosphère et de la plaque. Avant d'utiliser les dénombrements, il faut en quelque manière éliminer l'influence de ces inégalités.

Le procédé le plus sûr serait d'exprimer les magnitudes stellaires sur chaque cliché avec la même échelle, et d'arrêter les dénombrements à une magnitude déterminée, la même pour tous les clichés. Nous avions préparé dans ce but l'établissement d'un Catalogue photométrique de raccordement, mais la Guerre et les difficultés d'après guerre en ont empêché la réalisation.

Ne pouvant améliorer les échelles de magnitude, nous avons essayé

d'améliorer les dénombrements. Il s'agit d'avoir le nombre des étoiles d'une magnitude définie qui seraient photographiées sur nos clichés si les conditions actiniques étaient restées constantes. La valeur de cette magnitude peut être provisoirement inconnue; l'important c'est que les dénombrements pour tous les clichés s'arrêtent à la même magnitude.

Pour obtenir ce résultat nous avons profité du plan adopté pour le Catalogue où les clichés des zones successives, imbriqués les uns dans les autres se superposent sur plus d'un quart de leur surface. Si les conditions actiniques avaient été constantes, les nombres des étoiles photographiées sur ces quarts de clichés communs auraient dû être les mêmes. *Le rapport des nombres trouvés pour la région commune à deux clichés* A *et* B *peut être considéré comme le coefficient par lequel il faut multiplier le nombre total des images stellaires du cliché* B *pour obtenir le nombre des images qu'il aurait*



portées si les conditions actiniques de la photographie avaient été les mêmes que pour A.

Cette propriété repose en réalité sur la continuité que possèdent les deux causes dont dépend le nombre des étoiles visibles dans un petit angle solide.

La précision que l'on peut en attendre est donnée par l'examen de la richesse relative des quatre quarts de chacun des clichés du Catalogue et par la comparaison des clichés de la série du Catalogue aux clichés correspondants à poses six fois plus longues de la série de la Carte.

On est fondé à conclure que les coefficients déterminés par la comparaison des dénombrements stellaires sur les quarts superposés de deux clichés sont applicables aux clichés tout entier sans introduire dans le nombre final une erreur à craindre supérieure au quart de sa valeur; or, les irrégularités que l'on constate dans la richesse stellaire de clichés superposés vont très fréquemment du simple au double, souvent au triple ou même au quadruple.

Ayant raccordé deux clichés voisins on peut de la même manière leur raccorder les clichés suivants et continuer tout autour de la zone. Malheureusement des erreurs systématiques importantes sont à craindre. Une très légère inclinaison de la plaque sur l'axe de symétrie de l'objectif suffit pour favoriser un côté du cliché et pour que le nombre des images y soit systématiquement trop élevé. Mais on peut admettre que tant qu'on ne touche en rien à l'instrument photographique cette propriété reste constante. Les clichés du Catalogue ont heureusement été obtenus, à Paris, pour le plus grand nombre, dans un laps de temps très court de 1893 à 1897 et sans que l'on ait modifié le réglage de l'instrument; on peut penser que cette erreur systématique sera corrigée en grande partie par la fermeture de la zone, par le raccordement du dernier cliché avec celui de départ.

Le travail de raccordement auquel nous nous sommes livrés a porté sur les cinq zones élémentaires $+24^\circ$, $+23^\circ$, $+22^\circ$, $+21^\circ$, $+20^\circ$. Nous avons commencé par partager la zone totale en petits éléments de fuseau comprenant chacun trois clichés de même Æ des zones 20, 22 et 24, et les deux clichés des zones 21 et 23 qui leur sont superposés à l'Est. Les cinq clichés ont été raccordés entre eux à l'aide de leurs régions communes et de manière que le nombre total des étoiles qu'on leur attribue soit égal au nombre total des images qu'ils portent effectivement.

Nous avons ensuite raccordé entre eux les éléments de fuseaux de telle manière que le nombre total des étoiles de la zone de Paris ne change pas. Le graphique ci-dessus montre quelle est alors la distribution des étoiles dans la zone. Les ordonnées représentent le nombre des étoiles par cliché ($2^\circ 10' \times 2^\circ 10'$); les abscisses, les ascensions droites. Chaque point donne le nombre moyen des étoiles par cliché pour des surfaces de la voûte céleste

de $6^{\circ} \times 6^{\circ},6$. Les points isolés montrent la distribution que l'on obtiendrait en prenant pour les mêmes régions la moyenne des nombres bruts d'images que portent nos clichés.

Il semble que si les nouveaux nombres améliorent d'une façon indubitable les clichés voisins, ils puissent être affectés d'erreurs systématiques, trop grands du tiers au plus de leur valeur dans la région de 3^h à 12^h, trop faibles par contre de 12^h à 20^h. Les observations actuellement en cours montreront si ces erreurs sont réelles et quelle est la valeur de la magnitude limite à laquelle se rapporte nos dénombrements. Quoi qu'il en soit, la courbe met en évidence l'existence dans notre zone de maxima stellaires très nets, sensiblement de même amplitude à $6^h 20^m$ et $20^h 30^m$ d'Æ environ, de deux minima inégaux légèrement dissymétriques par rapport aux maxima, l'un aux environs de 3^h, l'autre aux environs de 14^h, le minimum de 3^h ayant un nombre d'étoiles égal à celui qui se retrouve 3 heures 30 minutes après le maximum de 6^h, ou avant celui de 20^h.

ÉLECTRO-OPTIQUE. — *Sur le spectre d'absorption de soufre pour les rayons X.* Note de M. **Axel Lindh**, présentée par M. Brillouin.

Dans une Note (¹) précédente j'ai rapporté quelques résultats des recherches sur le spectre d'absorption par le chlore. Dans cet élément j'ai trouvé des limites d'absorption K différentes pour Cl à 1-, 5- et 7-valences. En fait, la limite fut déplacée vers les longueurs d'onde plus courtes pour les hautes valences.

Dans des recherches sur le soufre que j'ai exécutées il y a un an, j'ai trouvé un phénomène analogue pour cet élément. Le spectre d'absorption d'une lame de soufre rhomboïque fut comparé avec la limite d'absorption fournie par le soufre d'un cristal de gypse, lui-même employé comme réseau. La limite dont la longueur d'onde est la plus courte appartient au soufre du cristal.

Comme les ressources expérimentales n'étaient pas, à cette époque, convenables pour ces recherches, la poursuite du travail fut ajournée.

J'ai maintenant repris ces recherches avec un appareil spectrographique, construit par M. Siegbahn. J'ai employé comme réseau un cristal de calcite; les méthodes expérimentales étaient les mêmes qu'auparavant (²).

(¹) *Comptes rendus*, t. 172, 1921, p. 1175.
(²) *Loc. cit.*

Jusqu'ici les recherches sont limitées au soufre dans des sulfures différents et quelques sels d'acides oxygénés.

Les combinaisons examinées sont les suivantes :

1° Combinaisons avec soufre 2-valent :

Na^2S, CaS, CuS, Ag^2S. CdS, HgS.

II. Combinaisons avec soufre 4-valent :

Na^2SO^3, $CaSO^3$, $CuSO^3$.

III. Combinaisons avec soufre 6-valent :

Li^2SO^4, Na^2SO^4, K^2SO^4, Rb^2SO^4, $CaSO^4$ $CuSO^4$ $BaSO^4$, Ag^2SO^4, $HgSO^4$.

IV. Combinaisons avec soufre 2- et 6-valent :

$Na^2S^2O^3$, $K^2S^2O^3$.

En outre le soufre rhomboïque a été examiné.

Comme dans le cas du chlore, les limites d'absorption K pour le soufre se déplacent vers les longueurs d'ondes plus courtes pour les hautes valences. Dans chaque groupe ci-dessus, il n'y a aucune différence qui dépasse les limites des erreurs expérimentales.

La distance entre la limite d'absorption appartenant au soufre 2-valent et celle du soufre 4-valent est considérable et monte à 1^{mm} sur la plaque. Cela correspond à une différence en longueur d'onde de 14 X. U. Entre le soufre 2-valent et le 6-valent, les valeurs sont 1^{mm},6 et 22 X. U. respectivement. En calculant la différence en volts par l'équation d'Einstein $eV = h\nu$ on obtient, pour la différence entre le soufre 2-valent et les soufres 4- et 6-valent, respectivement 7 et 11 volts.

Il est à remarquer que, dans les plaques pour le soufre 4-valent, on voit une limite double. Celle de ces limites qui a la longueur d'onde la plus courte est équivalente à celle du soufre 6-valent.

La limite pour le soufre rhomboïque a la même valeur que celle du soufre 2-valent.

Les spectres d'absorption des thiosulfates offrent un intérêt spécial. Ces sels sont constitués, d'après l'opinion commune, de la manière suivante :

$$\begin{matrix} M-O \\ M-S \end{matrix}\!\!>\!S\!<\!\!\begin{matrix} {/\!\!/}O \\ {\backslash\!\!\backslash}O \end{matrix}$$

où M est un atome métallique monovalent. Alors on peut supposer deux

limites d'absorption différentes, l'une appartenant au soufre bivalent et l'autre au soufre 6-valent. Les plaques des spectres d'absorption confirment cette supposition. L'une des limites observées coïncide avec la limite obtenue pour le soufre bivalent, tandis que l'autre est d'une distance correspondant à une différence de longueur d'onde plus courte environ de 18 X. U. Cela transformé en volts donne 9. C'est un accord suffisant avec la valeur 11, mentionnée auparavant, mais il est très probable que la valence n'est pas la seule cause qui affecte la place de la limite d'absorption. En fait cette supposition est confirmée par des spectres d'absorption obtenus pour le pyrosulfite où les limites sont très compliquées.

MÉTALLURGIE. — *Sur le traitement thermique des pièces moulées, et spécialement des projectiles en fonte dite aciérée.* Note de M. **Albert Portevin**, présentée par M. H. Le Chatelier.

Dans une Note récente [1], M. Jean Durand a signalé les résultats qu'il avait obtenus par traitement thermique d'éprouvettes en fonte de moulage : l'amélioration constatée, par les essais à la traction et aux chocs successifs, montrant ce qu'on peut espérer obtenir de ces traitements thermiques, ajoutait-il en conclusion, notamment sur les projectiles en fonte aciérée. D'autre part, au Congrès des Métallurgistes russes de novembre 1920, MM. Botchvar et Kalinnikof [2] ont exposé les résultats de leurs expériences concernant les traitements thermiques de la fonte aciérée ; en particulier, par trempe à 800° suivie de revenu à 500°-600°, ils ont constaté (sur des fontes à 3 pour 100 C ; 2,2 pour 100 Graphite ; 0,85 pour 100 Mn ; 1,1 pour 100 Si) un accroissement de 21 pour 100 pour la résistance à la flexion, de 10 pour 100 pour la dureté et de 10-12 pour 100 pour la résistance au choc.

Pendant la guerre, la question du traitement thermique de la fonte dite aciérée avait été envisagée et étudiée tant au moyen d'expériences de laboratoire que d'essais industriels sur lots entiers de projectiles, lesquels avaient été ensuite soumis aux épreuves de réception en usine et aux essais

(1) *Comptes rendus*, t. 174, 1922, p. 788.

(2) A.-M. Botchvar, *La fonte aciérée, sa composition, sa texture et son traitement thermique.* — Y.-A. Kalinnikof, *Sur la fonte aciérée.* — *Communications sur les travaux techniques et scientifiques effectués dans la République russe*, opuscule 5, 1921, p. 125 et 127.

de tir. Sans entrer dans le détail des constatations faites et des résultats obtenus, qui ont fait l'objet de rapports et comptes rendus à l'Inspection permanente des Fabrications de l'artillerie en 1917 et en 1918, nous croyons devoir attirer l'attention sur les points suivants que nous estimons essentiels à ne pas perdre de vue lors des applications que l'on serait incité à faire dans cette voie :

1° La fonte dite « aciérée » type, qui se compose schématiquement de lamelles de graphite englobées dans la perlite [1] et qui possède souvent une teneur assez importante (0,8-1 pour 100) en manganèse, est, pour ces raisons, à faible vitesse critique de trempe. Aussi des échantillons de 20^{mm} d'épaisseur (épaisseur moyenne des parois d'un obus de 155 F. A.) accusent-ils par trempe vive (à 850° dans l'eau) une très forte pénétration de trempe atteignant l'hypertrempe au centre; par revenu à 500°, on conserve dans toute l'épaisseur une forte dureté à la bille, de l'ordre de 250 à 270 unités Brinell.

Mais ce grand pouvoir trempant accroît considérablement les chances de tapures à la trempe, d'autant plus que les lamelles de graphite jouent le rôle d'entailles aiguës internes et que les moulages en fonte sont loin d'avoir l'homogénéité de constitution des pièces en acier forgé. Pour éviter cet accident, on est conduit à adopter des vitesses moyennes de refroidissement relativement faibles (trempe à l'huile, trempes à durée limitée, etc.).

2° En raison de la non-uniformité des propriétés mécaniques dans une série de pièces en fonte moulées, même lorsque ces dernières proviennent d'une même coulée, il apparaît comme nécessaire de recourir à une qualification individuelle préalable et finale, par l'essai à la bille par exemple, et d'effectuer un revenu si l'on désire des qualités mécaniques définies et assez constantes.

D'autre part, on sait que l'appréciation des propriétés mécaniques des pièces en fonte moulées est illusoire si l'on se base sur les résultats d'essais d'éprouvettes coulées séparément, l'état et les propriétés du métal étant fonction de la masse de la pièce; l'intervention des phénomènes de pénétration de la trempe vient encore renforcer, dans le cas d'un traitement thermique, l'écart existant entre les pièces et les éprouvettes et ceci ne doit pas être perdu de vue en ce qui concerne le contrôle de réception.

3° Enfin, le fait qui paraît être le plus important à faire ressortir, c'est que les traitements thermiques déterminent la *porosité du métal*, porosité

---

(1) Voir A. Portevin, *Rev. Mét.*, t. 19, 1922, p. 235.

constatée au moyen de l'épreuve hydraulique : sous une pression de 390 kg : cm², *tous* les obus de 155 F. A. qui avaient subi un double chauffage (trempe suivie de revenu ou double trempe en cas d'insuccès de la première opération) et un grand nombre de ceux qui n'avaient subi qu'un seul chauffage ont présenté une porosité des parois se révélant par une chute lente de la pression et même par des suintements sur la surface extérieure si l'on prolongeait la durée de l'essai.

Cette porosité se rattache au phénomène bien connu du gonflement des fontes de moulage sous l'influence des chauffages, phénomènes qui ont été particulièrement étudiés par Outrebidge ([1]) et par Rugan et Carpenter ([2]). Ce gonflement ne se manifeste que pour les fontes grises, contenant du carbone libre ou graphite, il croît avec la teneur en silicium et le nombre des chauffages; on conçoit par suite que cet accroissement de volume apparent, à poids constant, puisse entraîner comme conséquence une porosité de la matière ([3]). Cette porosité apparaît donc comme étant liée au chauffage et, par suite, devant se manifester *quel que soit le traitement thermique choisi* ([4]).

En outre, tous les obus traités étaient à « son terreux », c'est-à-dire à son très grave, ce qui, d'après toutes les études faites relativement à la sonorité des projectiles en fonte aciérée pendant la guerre, est un indice de très mauvaises qualités mécaniques; au surplus, la hauteur du son est liée au module d'élasticité et ce dernier, pour les fontes, décroît en même temps que la limite élastique ([5]).

Ces résultats des essais hydrauliques et de sonorité ont motivé l'abandon, pour les projectiles en fonte aciérée, des traitements thermiques de trempe d'ailleurs délicats et onéreux.

([1]) *Trans. Amer. Inst. Min. Eng.*, t. 35, 1905, p. 223.

([2]) *Journ. Iron. and Steel Inst.*, t. 80, 1909, p. 29.

([3]) Dans une Communication faite tout récemment au Congrès de Métallurgie de Liége (18-24 juin), et dont nous ne connaissons, pour le moment, que le résumé qui en a été donné, Tario Kikuta a repris l'étude de ce phénomène en procédant par examen direct de la perméabilité à l'air de la fonte.

([4]) Par contre, ce gonflement ne se manifesterait pas sur les fontes blanches et par suite les fontes malléabilisées en une seule opération échappent à cet inconvénient.

([5]) A. Portevin, *Rev. Mét.*, 1921, p. 767-768.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Limite d'inflammabilité des vapeurs du système alcool-essence et d'un système triple à base d'alcool et d'essence.* Note de M. **Roger-G. Boussu**, présentée par M. Henry Le Chatelier.

Les facteurs caractéristiques d'un carburant sont : la limite d'inflammabilité, la pression d'inflammation, la chaleur de combustion et la vitesse de combustion de sa vapeur. Nos expériences ont pour but de déterminer la variation de la limite inférieure d'inflammabilité du système binaire essence-alcool et du système ternaire essence-alcool-éther en envisageant la substitution possible de tout ou partie d'essence par l'alcool dans les carburants des moteurs à explosion. Ces expériences ont été faites suivant le procédé de MM. Le Chatelier et Boudouard (1) de détermination des limites d'inflammabilité ; les modifications de détail apportées à l'appareil sont les suivantes : le récipient d'une capacité de 2300^{cm^3} est en fonte et plonge dans un bain-marie, il comporte un thermomètre central, un agitateur et un couple thermo-électrique appliqué contre la paroi intérieure, ce couple en relation avec un galvanomètre ayant un double but : 1° déterminer la température des parois ; 2° servir de contrôleur d'inflammation, sa masse calorifique étant très faible.

Le liquide à étudier est introduit dans l'appareil au moyen d'une pipette graduée en 0,01 de centimètre cube, à une température inférieure de 1° à la température à laquelle on tentera l'inflammation, ces opérations étant faites très rapidement. L'inflammation, si elle a lieu, se manifeste par un souffle au bouchon de l'appareil et par une déviation du galvanomètre.

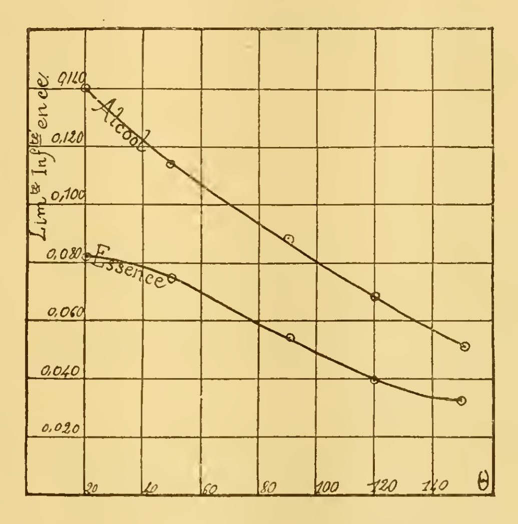
Les densités prises à 15° sont : alcool $\delta=0,810$ (96 GL), essence $\delta=0,725$ (tourisme), éther $\delta=0,720$.

Limite d'inflammabilité des mélanges essence-alcool. — Les limites d'inflammabilité sont rapportées à 1000^{cm^3} et exprimées en centimètres cubes.

Composition du mélange		$\theta = 50°$		$\theta = 90°$	
essence.	alcool.	limite d'inflammabilité.	$\frac{n}{N}+\frac{n'}{N'}$.	limite d'inflammabilité.	$\frac{n}{N}+\frac{n'}{N'}$.
		cm³		cm³	
100	0......	0,075	1,00	0,054	1,00
80	20......	0,080	0,99	0,058	0,99
60	40......	0,088	1,01	0,061	0,95
40	60......	0,097	1,02	0,071	1,01
20	80......	0,106	1,02	0,082	1,04
0	100......	0,114	1,00	0,088	1,00

(1) *Bull. Soc. chimique*, t. 19, 1898, p. 483.

Les causes d'erreurs les plus importantes sont : 1° erreur sur le volume du carburant introduit, inférieure à $\frac{4}{100}$; 2° l'alcool et l'essence n'étant pas miscibles en toutes proportions : *a*, le prélèvement, quoique fait immédiatement après agitation, peut être modifié en proportions du fait de la séparation commençante; *b*, la pointe de la pipette peut opérer une sélection lors du prélèvement; *c*, les parois de la pipette sont mouillées d'une façon inégale par l'alcool et l'essence : erreur inférieure à $\frac{5}{100}$. On voit donc qu'aux erreurs d'expérience près les mélanges des vapeurs vérifient la formule $\frac{n}{N} + \frac{n'}{N'} = 1$ relative à la limite d'inflammabilité des mélanges de gaz (N et N' sont les limites d'inflammabilité de chacun des deux gaz et *n* et *n'* leurs proportions existant ensemble dans le mélange considéré.



Nous avons déterminé les limites d'inflammabilité de l'alcool pur et de l'essence pure à différentes températures :

θ.	Essence.	θ.	Alcool.
°	cm³	°	cm³
20	0,082	20	0,140
50	0,075	50	0,114
90	0,054	90	0,088
120	0,039	120	0,067
150	0,032	150	0,050

Ces chiffres permettent, en employant la formule $\frac{n}{N} + \frac{n'}{N'} = 1$, de déterminer les limites d'inflammabilité de tous les mélanges alcool-essence entre 20° et 150°. La pente de la courbe relative à l'essence est moins accentuée entre 20° et 50°, mais nous n'avons pu l'étudier jusqu'à 0°, température nécessitant une quantité de carburant voisine de la quantité saturant le volume du récipient.

Limite d'inflammabilité des mélanges essence-alcool-éther. — Dans le but de rendre l'alcool et l'essence miscibles en toutes proportions et pour abaisser la limite d'inflammabilité de leur mélange, nous avons ajouté un troisième corps.

Notre étude a porté sur l'éther ajouté en quantités croissantes à un mélange essence-alcool, le rapport $\frac{\text{volume essence}}{\text{volume alcool}}$ étant conservé constant. Nous donnons seulement les résultats pour un rapport $\frac{\text{volume essence}}{\text{volume alcool}} = \frac{60}{40}$.

	$\theta = 50^\circ$		$\theta = 90^\circ$	
Pourcentage d'éther.	limite d'inflammabilité.	$\frac{n}{N}+\frac{n'}{N'}+\frac{n''}{N''}$.	limite d'inflammabilité.	$\frac{n}{N}+\frac{n'}{N'}+\frac{n''}{N''}$.
0........	0,087	1,00	0,064	1,00
20........	0,070	0,95	0,054	0,97
40........	0,060	0,94	0,048	0,96
60........	0,055	0,97	0,044	0,96
80........	0,050	0,98	0,041	0,97
100........	0,046	1,00	0,039	1,00

Dans la plupart des expériences avec éther nous avons constaté une forte odeur d'aldéhyde formique dans les résidus de combustion, ce qui indiquerait une combustion incomplète.

Le mécanisme est probablement le suivant : l'essai d'inflammation donne naissance à une combustion lente ou subignition (¹) avec formation d'aldéhyde formique et dégagement d'une faible quantité de chaleur pouvant, dans certains cas, engendrer la combustion pour CO^2. Nous avons pu différencier ces deux sortes de combustion au moyen du galvanomètre et nous n'avons gardé que les limites d'inflammabilité pour combustion complète.

Aux erreurs d'expériences près (6 pour 100), les chiffres obtenus paraissent justifier l'emploi de la formule $\frac{n}{N} + \frac{n'}{N'} = 1$ généralisée au mélange triple $\frac{n}{N} + \frac{n'}{N'} + \frac{n''}{N''} = 1$ (N, n, N', n' ayant la signification définie ci-dessus, N'' étant la limite d'inflammabilité de l'éther pur à la température considérée et n'' sa proportion dans le mélange).

(¹) White and Price, *The ignition of ether-alcohol-air mixtures in contact with heated surfaces* (*Journal of the Chemical Society*, t. 115, 1919).

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur la transformation du gypse en sulfate d'ammoniaque.* Note [1] de MM. C. **Matignon** et M. **Fréjacques**, présentée par M. H. Le Chatelier.

La double décomposition du gypse par le carbonate d'ammoniaque avec production de sulfate d'ammoniaque, déjà signalée par Lavoisier, a été proposée en 1855 par Margueritte [2] en vue d'économiser l'acide sulfurique dans la fabrication du sulfate à partir des eaux ammoniacales. Depuis, elle a reçu des applications dans plusieurs usines à gaz.

Nous avons pendant la guerre effectué quelques recherches dans le but d'éclairer la marche d'une réaction qui a pris dans ces derniers temps un nouvel intérêt par suite du prix croissant des pyrites et de la fabrication synthétique de l'ammoniaque.

Statique de la réaction. — Nous avons effectué trois essais en opérant toujours avec des solutions concentrées, et de manière à obtenir un état final comportant une solution de sulfate non saturée, une solution de sulfate très voisine de la saturation et une solution de sulfate avec précipitation d'une partie de ce dernier sel.

La pierre à plâtre employée par nous était une matière industrielle utilisée par les usines Poliet et Chausson, à Gournay; c'était une pierre compacte contenant 94,06 pour 100 de gypse.

Les réactions ont été effectuées dans les conditions indiquées au Tableau suivant, en employant dans tous les cas un léger excès de gypse (4 à 5 pour 100).

Sels initiaux dans 1000g d'eau.	Température.	Durée d'agitation.	Coefficient de transformation pour 100.
mol	°	h	
5,30 CO^3Am^2	19	7	96,2
4,41 CO^3Am^2 + 1,51 SO^4Am^2	9,5	5	96,7
5 CO^3Am^2 + 3,41 SO^4Am^2	9,5	5	96,4

L'état d'équilibre est pratiquement atteint après 5 heures d'agitation.

Depuis la réalisation de ces essais, Neumann [3] a publié les résultats

(1) Séance du 26 juin 1922.

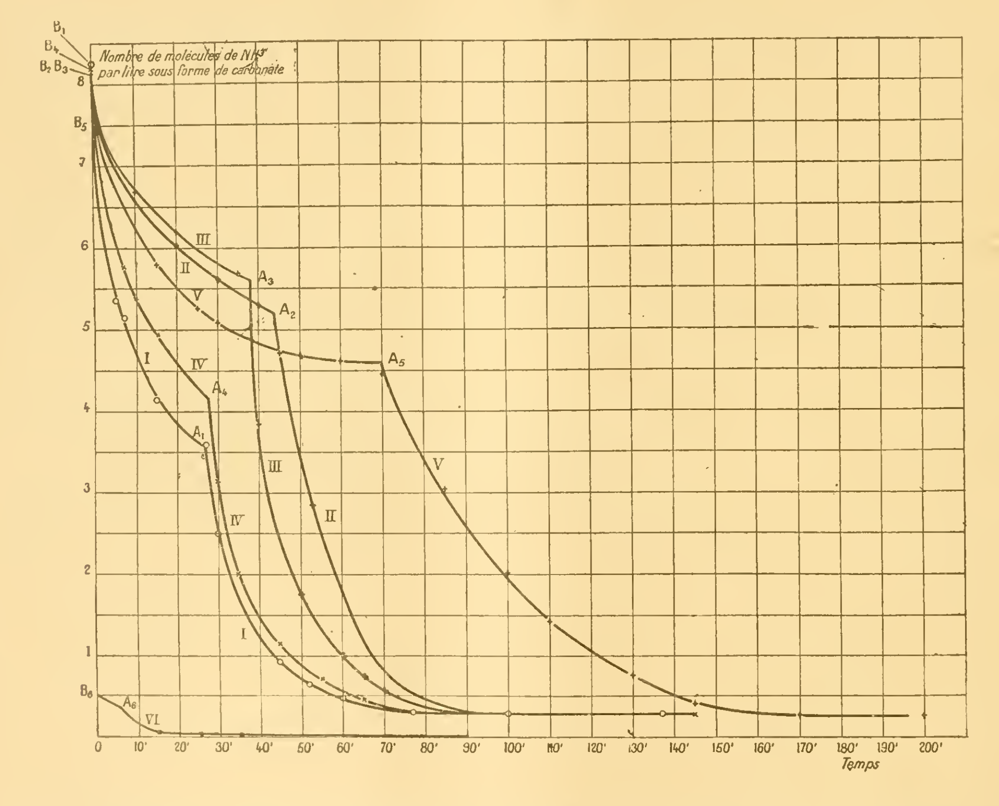
(2) *Bull. Soc. chim.*, t. 2, 1864, p. 472.

(3) *Zeits. angew. Chem.*, t. 34, 1921, p. 441.

d'étude d'équilibre effectués sur le même système, il a trouvé dans le voisinage de la température ordinaire, un coefficient de transformation variant de 83 à 85 pour 100 suivant la concentration en carbonate d'ammoniaque.

Nous avons refait récemment un nouvel essai avec une pierre à plâtre d'origine différente, et nous avons retrouvé le même rendement 96,6 pour 100.

Cinétique de la réaction. — La vitesse de la réaction a été étudiée à une même température 16° en fonction de la concentration de la solution ammoniacale, de la grosseur des grains de gypse et de la vitesse de l'agitation;



l'agitation était réalisée par un mouvement oscillant entretenu par un petit moteur.

La marche de la réaction était déterminée en dosant à des intervalles de temps connus la concentration en ammoniaque sous forme de carbonate dans la solution.

Les résultats de nos essais, effectués tous à 16° en présence d'un léger excès de gypse (4 à 5 pour 100), sont traduits dans les courbes de la figure

ci-contre, qui donnent en abscisses les durées d'action et en ordonnées le nombre de molécules d'ammoniaque unies à l'acide carbonique. La vitesse définie par $-\frac{dy}{dt}$ sera mesurée par la grandeur de la tangente de l'angle formé par la tangente à la courbe et l'axe négatif des temps.

Compos. sol. initiale NH^3 carbonate par litre.	Dimension moyenne des grains de gypse.	Agitation. — Nombre de tours par minute.	Coordonnées des points A. t.	Coordonnées des points A. Mol. SO^4Am^2 par litre.
mol	mm		′	mol
1. 8,225 NH^3........	0,15	172	27	2,34
2. 8,125 NH^3........	0,20	169	44	1,44
3. 8,125 NH^3........	0,43	174	37	1,237
4. 8,150 NH^3........	0,15	94	28	1,94
5. { 7,475 NH^3........ / 1,060 SO^4Am^2.... }	0,20	175	69	{ 1,43 / 1,06 } 2,49
6. 0,540............	0,20	173	5	0,072

1° L'examen des courbes met bien en évidence l'existence de deux phases distinctes dans la marche de la décomposition : une première phase à marche plus ralentie, à laquelle succède une phase de vitesse plus grande. Nous n'avons pas encore trouvé l'explication de ce changement brusque dans la vitesse, la formation d'un sulfate double, $SO^4CaSO^4Am^2H^2O$, auquel nous en avions tout d'abord attribué la cause, ne peut rendre compte des particularités du phénomène et, en particulier, de la variation des coordonnées des points A.

2° La comparaison des résultats des expériences 1, 2 et 3 qui ne diffèrent essentiellement que par la grosseur des grains de gypse démontre, tout au moins dans la première phase, l'influence de la division du gypse sur la vitesse.

3° Dans les essais 1 et 4 effectués dans les mêmes conditions, sauf la vitesse d'agitation, l'influence activante de cette dernière est bien manifeste.

4° La présence du sulfate d'ammoniaque dans la solution initiale ralentit, comme on pouvait le prévoir, la vitesse de la réaction équilibrée (courbes 5 et 2).

5° La dilution du carbonate d'ammoniaque a pour effet de diminuer la vitesse de transformation (courbes 6 et 2).

6° Dans tous les cas l'équilibre est pratiquement atteint après deux heures et demie d'agitation.

CHIMIE. — *Sur la composition chimique d'une roche dénommée kaolin de Djebel Debar* (Algérie). Note de MM. **Albert Granger** et **Pierre Brémond**, présentée par M. Lindet.

Dans la pratique de l'industrie céramique, on applique la désignation de kaolin, non seulement à la roche et à la matière plastique qu'on en retire par lévigation, mais souvent aussi à des silicates d'aluminium hydratés, n'ayant pas la kaolinite comme constituant essentiel, mais conservant leur couleur blanche après cuisson. Parmi diverses matières de ce dernier type que nous avons eu l'occasion d'étudier, nous citerons une substance particulièrement intéressante, dénommée kaolin du Djebel Debar.

A première vue cette matière n'a aucun des caractères externes du kaolin, sauf la blancheur. La masse est totalement exempte des débris micacés et quartzeux qui accompagnent d'ordinaire la kaolinite. L'aspect est sec, la résistance à la rupture est très prononcée et, au toucher, la matière est rêche. La cassure n'est pas franche; elle donne l'impression que, dans la masse, il y a des zones de moindre résistance. Un fragment introduit dans un récipient plein d'eau peut y séjourner pendant des mois sans aucune modification, alors qu'un morceau de kaolin s'eramollit en 10 minutes. Triturée avec de l'eau, cette matière, après écrasage au mortier, donne une masse plus gluante que plastique dans laquelle on sent des grains, comme si le corps examiné était formé de deux substances dont l'une serait inerte et l'autre miscible à l'eau. Pour obtenir une pâte avec ce kaolin supposé, il est nécessaire d'opérer un broyage énergique, au sein de l'eau, comme celui que donne un moulin à galets et, dans ces conditions, la masse ne prend qu'une plasticité très différente de celle des kaolins. La pâte ainsi obtenue est plus collante que liante.

En procédant à une analyse méthodique, nous avons reconnu que ce corps avait une composition tout autre que les matières kaoliniques utilisées dans la fabrication de la porcelaine et de la faïence fine.

Quand on dispose d'une grande quantité de matière, dans notre cas, de plusieurs tonnes, on reconnaît après un examen attentif qu'il est possible de discerner deux matières : l'une d'aspect corné rappelant l'halloysite et l'autre dure et opaque même sur les bords.

Cette matière devant être utilisée pour la fabrication de pâtes à porcelaine, il n'y avait pas lieu de songer à une séparation, d'ailleurs problématique, de ces deux produits. On fit un échantillonnage de quelques kilogrammes qui furent soigneusement mélangés et broyés. L'analyse donna : SiO^2, 34,99; Al^2O^3, 34,65; Fe^2O^3, 0,22; CaO, 0,55; MgO, 0,04; K^2O, 0,83; Na^2O, 0,31; perte au rouge 28,19.

Ces nombres sont totalement différents de ceux que donnent les matières kaoliniques. La teneur en alumine est singulièrement élevée et la perte au rouge (humidité, eau combinée et matières volatiles) est considérable. Cette matière, d'autre part, est beaucoup plus facilement attaquable par les acides que la kaolinite. Séchée dans le vide, elle perd 9,72 pour 100 d'humidité, quantité absolument anormale dans un kaolin. Ces anomalies nous ont conduit à étudier particulièrement la décomposition par la chaleur. Pendant la chauffe, il ne se dégage pas seulement de la vapeur d'eau. En élevant lentement la température jusqu'à 500° on observe un dégagement de vapeurs âcres. Pour en déterminer la nature nous avons chauffé dans une cornue de grès 750^g de cette substance et recueilli les produits volatils dégagés dans une solution de soude pure.

Il passe d'abord de l'eau, plus tard du gaz sulfureux, puis des fumées abondantes d'acide sulfurique et probablement aussi d'anhydride sulfurique. A la fin de l'opération l'acide distillé est si concentré qu'il fait entendre un sifflement quand on le projette dans l'eau. Cet acide sulfurique n'est pas décelable par lavage de la matière, soit à l'eau, soit aux acides chlorhydrique et azotique. Il suffit pourtant de calciner la roche vers 400° pour la modifier totalement; l'eau dissout alors une notable quantité de sulfates.

L'odeur spéciale des vapeurs dégagées pendant la calcination nous a conduit à essayer les réactions de l'arsenic. Elles se sont manifestées nettement sur le charbon, puis dans l'appareil de Marsh. Un dosage a donné 0,28 d'arsenic. Des traces d'étain ont été également perceptibles. Nous pensons que la présence de l'arsenic est due au voisinage de sources thermales.

L'observation faite précédemment de l'inégale dureté de la roche nous a semblé utilisable pour une séparation de la masse en deux portions. Il suffit, en effet, de passer cette substance au tamis n° 20 sans broyer pour obtenir une portion pulvérulente et de gros morceaux qu'on a soigneusement brossés.

Les gros morceaux qui constituent la matière dure de la roche contiennent : SiO^2 combinée 39,76; SiO^2 libre 0,3; Al^2O^3 34,53; SO^3 0,57; perte au rouge 24,13 (SO^3 déduit). Ces nombres conduisent aux rapports moléculaires $SiO^2 : Al^2O^3 : H^2O :: 1,97 : 1 : 3,95$ qui sont suffisamment voisins de la composition de l'halloysite pour admettre la présence de ce minéral dans la partie dure.

La matière pulvérulente est celle qui contient l'acide sulfurique. Ici

les rapports moléculaires déduits de l'analyse : SiO^2 libre 1; SiO^2 combinée 28,32; Al^2O^3 36,20; SO^3 10,10; eau 19,32; Mo 6. La matière alumineuse conduit aux rapports $SiO^2 : Al^2O^3 : H^2O :: 1,35 : 1 : 3,02$, ce qui ne nous permet pour le moment aucune interprétation nette. La présence d'acide sulfurique est-elle due à des infiltrations ou bien l'acide fait-il partie intégrante de la roche? Nos diverses tentatives ne nous ont pas permis jusqu'ici de trancher la question.

En résumé, la matière dite kaolin de Djebel Debar est formée d'halloysite associée à une substance qui paraît un silicate d'aluminium hydraté de nature différente contenant de l'acide sulfurique sous forme de combinaison complexe et une très petite quantité de silice quartzeuse.

GÉOLOGIE. — *Le Bajocien supérieur de la Lorraine.* Note de M. **Paul Thiéry**.

Dans une Note précédente [1], j'ai montré que le Bajocien supérieur de la Lorraine était représenté par les couches comprises entre les caillasses à *Parkinsonia württembergica*, *Anabacia porpites*, et les calcaires à polypiers de la zone à *Witchellia Romani*. Si cet étage a été bien compris dans la région de Neufchâteau, Toul et Nancy, il ne semble pas que l'on se soit rendu compte jusqu'ici des changements de faciès qui l'affectent plus au Nord.

Dans la Haute-Marne, à Chaumont, au-dessous de marnes à oolithes brunâtres renfermant : *Rhynchonella elegantula*, *Eudesia cardium*, *Dictyothyris coarctata*, et de rares *Anabacia porpites*, existe une masse de calcaire compact à *Rynchonella decorata*; ces couches recouvrent l'oolithe miliaire à *Anabacia bajociana* [2], qui surmonte des couches à *Ostrea acuminata*.

Cette succession, que nous retrouvons dans les Ardennes, se modifie quand on se dirige vers le Nord-Est : les calcaires compacts diminuent d'épaisseur, alors que l'oolithe miliaire augmente de puissance au point d'envahir une grande partie de l'étage. Dans la région de Toul, à Villey-Saint-Étienne, on peut observer, de haut en bas, la succession suivante :

[1] Paul Thiéry, *Sur la limite du Bathonien et du Bajocien en Lorraine* (*Comptes rendus*, t. 174, 1922, p. 1243).

[2] Cette espèce, très commune à Choignes (Haute-Marne), se distingue de *A. porpites* par ses lames inférieures plus larges, moins crénelées, par son ensemble plus bombé en dessus.

1° calcaire à polypiers : *Cladophyllia Babeaui*, *Terebratula intermedia*, *Stomechinus Schlumbergeri* ; 2° oolithe miliaire plus ou moins marneuse contenant, à sa partie supérieure, au-dessous d'une série de bancs calcaires oolithiques, un banc de calcaire à *Extracrinus Dargnesi* [crinoïde flottant librement, suivant P. de Loriol (¹)]; les fossiles de cet horizon sont roulés : *Parkinsonia Parkinsoni*, *Cosmoceras Garanti*, *Camptonectes lens*, *Oxytoma Hersilia*, *Tancredia brevis*, abondance extraordinaire de bryozoaires et d'échinides (*Cidaris*, *Pseudodiadema*, *Acrosalenia*, *Clypeus Ploti*, etc.), *Isocrinus bajocensis*, etc. ; 3° calcaires marneux et marnes grumeleuses à *Parkinsonia Parkinsoni*, *Megateuthis giganteus*, *Trigonia costata*, *Terebratula maxillata*, *Rhynchonella concinna*, *Acrosalenia spinosa*, *Pygaster Trigeri*, *Clypeus Ploti*, *Holectypus depressus*, *Echinobrissus amplus*, *clunicularis*, *Terquemi*, *Thamnastrea Defrancei*, *M'Coyi*, etc. Cet horizon (que j'appellerai horizon à *Clypeus Ploti*) passe insensiblement, à sa base, à un dépôt très variable suivant les régions : le plus souvent marneux à la base, puis oolithique (oolithe de Jaumont) avec bancs parfois taraudés; rarement sableux (avec empreintes végétales), puis marneux oolithique; souvent oolithique avec ou sans bancs de silex, quelquefois bréchoïde. Cet ensemble d'assises renferme une faune identique à celle de l'horizon à *Clypeus Ploti*, mais on y trouve, à la base, *Strenoceras subfurcatum*, *Cosmoceras longoviciense*, c'est-à-dire les fossiles caractéristiques des marnes de Longwy, qui reposent sur les calcaires à polypiers de la zone à W. Romani.

Dans la région comprise entre Toul et Mars-la-Tour, l'horizon à *Clypeus Ploti* monte souvent jusqu'aux caillasses à *P. württembergica*, *Anabacia porpites;* parfois il en est séparé par une zone marneuse à *Ostrea acuminata*.

Plus à l'Est, entre Mars-la-Tour et Metz, la succession des assises est complètement différente : l'horizon à *Clypeus Ploti*, peu développé, est recouvert par des alternances de marnes et de calcaires lumachelliques que surmontent des marnes grises calcaires (marnes de Gravelotte) avec lits de calcaires marneux à points ocreux (calcaires à points ocreux de Vernéville). L'étage se termine par un calcaire oolithique blanc (oolithe de Doncourt) que recouvrent des marnes et des calcaires marneux à *Ostrea acuminata*.

Cette succession se poursuit, plus au Nord, en subissant quelques modifications : les caillasses à *P. württembergica*, *Anabacia porpites*, reposent parfois sur l'oolithe de Doncourt qui, en certains points, passe presque

(¹) P. de Loriol, *Paléontologie française, terrain jurassique*, t. 11, 2ᵉ partie : *Crinoïdes*, 1889, p. 420.

totalement à des marnes. Quant à l'horizon à *Clypeus Ploti*, il n'est plus représenté par son faciès habituel, bien que cette espèce se trouve dans les marnes des Clapes (entre Villers-la-Chèvre et Fresnois-la-Montagne), situées au niveau des marnes de Gravelotte.

En résumé, l'horizon à *Clypeus Ploti* augmente d'épaisseur du Nord au Sud, atteint son maximum de puissance vers Flirey, puis diminue dans la région de Toul. Il forme donc une vaste lentille passant, au Nord, aux marnes et calcaires de la région de Gravelotte (qui, à leur tour, passent aux calcaires compacts des Ardennes), au Sud, à l'oolithe miliaire de la région de Toul (qui, à son tour, passe aux calcaires compacts des Vosges et de la Haute-Marne). Ces différents faciès, compris entre les caillasses à *P. würtembergica*, *Anabacia porpites*, et les calcaires à polypiers de la zone à *Witchellia Romani*, sont par conséquent synchroniques : c'est donc à tort que l'on a considéré jusqu'ici l'horizon à *Clypeus Ploti* comme inférieur aux marnes de Gravelotte.

Si le Bajocien supérieur a été affecté par des changements de faciès, il en est de même dans les terrains qui le recouvrent : dans les caillasses du Bathonien inférieur, nous constatons que les madréporaires caractéristiques de cette formation atteignent leur maximum de développement entre Longuyon et Tranqueville; de chaque côté de cette zone, il n'existe plus que de rares échantillons de *Anabacia porpites*, alors que *Pseudomonotis echinata*, *Eudesia cardium, Dictyothyris coarctata* deviennent très abondants dans des marnes rocailleuses qui passent à des marnes à fines oolithes libres.

Dans le Bathonien supérieur, la dalle oolithique supérieure (dalle d'Etain) passe latéralement, près d'Etain, à des marnes et ovoïdes à *Perisphinctes subbackeriæ*, *Lyonsia peregrina;* le faciès oolithique ne reparaît, plus au Sud, qu'aux environs de Martigny-les-Gerbonvaux. Quant aux niveaux inférieurs à *Waldheimia ornithocephala*, *Rhynchonella alemanica*, *Ostrea lotharingica*, ils passent à la dalle oolithique.

Il existe donc, dans chacun de ces divers étages, une zone médiane homogène dont les sédiments ont été déposés dans une eau peu profonde, ainsi que l'indiquent la structure des dépôts et les fossiles qu'ils renferment; ensuite, de chaque côté de cette zone, les dépôts sont dissemblables, mais contiennent encore quantité d'espèces de la zone précédente; puis ces espèces disparaissent, font place à une faune d'eau profonde, et en même temps les dépôts deviennent identiques à une distance plus ou moins grande de la zone médiane. Ces changements dans le régime de la sédimentation et dans la nature de la faune ne peuvent être attribués qu'à des mouvements du

fond de la mer : la zone médiane semble constituée par les sédiments qui se sont déposés au-dessus d'une aire de surélévation de chaque côté de laquelle des courants modifiaient les conditions de sédimentation, alors que, au large de cette aire, en eau profonde, les conditions de milieu étaient identiques.

GÉOLOGIE. — *Les dernières variations du niveau marin sur les côtes de la Basse-Provence.* Note de M. G. **Denizot**, présentée par M. Émile Haug.

Les côtes de la Basse-Provence ([1]) présentent les traces d'un récent stationnement de la mer un peu au-dessus du niveau actuel ([2]).

Camargue. — Une large ceinture de surfaces subhorizontales entre $0^m,9$ et $1^m,3$ entoure, à l'E, au N, et à l'W, le Vaccarès; les vases alluviales qui les supportent offrent à toutes les hauteurs des intercalations de sables marins à *Cardium edule*, par exemple de Méjanes à Combet, et des lambeaux de même nature s'observent par îlots jusqu'aux Saintes-Maries. Ce dépôt se distingue absolument de celui des plages actuelles, tant de la mer que du Vaccarès; il apparaît comme antérieur à l'époque romaine. Vers le nord (Albaron par exemple), on passe à une pente exclusivement fluviale qui atteint $4^m,5$ à Arles et se prolonge par la plaine alluviale du Rhône. En contre-bas de ces surfaces sont les dépôts modernes, fluviaux et marins, très développés au S du Vaccarès et auprès du Grand-Rhône.

Golfe de Fos. — Au S de la pointe Beaumassais, la molasse miocène est aplanie, entre 1^m et $1^m,5$ sur plusieurs hectares et supporte un mince dépôt à coquilles marines, bien distinct des cordons littoraux actuels. Au N de la pointe, il passe à un sable argileux gris, marin, descendant au-dessous de 0 et s'élevant à $1^m,3$; un lambeau de même nature existe à l'E de la pointe Saint-Gervais. Ces dépôts, qui constituent le substratum de divers restes gallo-romains, ne renferment pas les débris de poteries de cet âge qui abondent sur les plages actuelles.

Étang de Berre. — Au SW de Marignane, la rive de l'étang de Bolmon est longée, sur près de 2^{km}, par un talus couronné, à $0^m,8$, d'une plage de graviers bien roulés et coquilles brisées (*Cardium edule* prédominant), comme il s'en constitue de nos jours sous quelques décimètres d'eau. Vers Patafloux, la surface se relève un peu et l'on passe à une argile bleuâtre, formant à $1^m,6$ un petit niveau d'eau sous les éboulis, mais qui ne m'a fourni que des débris d'ailleurs rares de coquilles terrestres ([3]).

Au N de Marignane, une semblable plage se voit vers 1^m à la Bastide Leths et constitue la partie adjacente du Jaï.

([1]) Voir pour la description de ces côtes et la documentation : J. Repelin, *Géographie physique des Bouches-du-Rhône*, Marseille, 1914.

([2]) Cotes d'altitude rapportées, en mètres, au niveau moyen de la mer (+ 0,33 de l'échelle du Fort Saint-Jean).

([3]) Un tel dépôt se constitue actuellement en bordure de l'étang de Bolmon.

A Merveille (à droite de l'Arc), Collot a décrit un dépôt marin dominant l'étang de $1^{m},35$, couronné d'une alluvion torrentielle sur laquelle est fondée une muraille gallo-romaine.

Marseille. — Les dépôts marins observés autour du Vieux-Port ([1]), qui ont été considérés comme produits de curage du Lacydon, s'expliqueraient mieux par un relèvement du niveau marin; la vase sableuse estuarienne, atteignant $1^{m},5$ sous la place Jean-Guin, est adossée au mur grec (VIIe ou VIe siècle) et surmontée d'une couche archéologique des IIIe et IIe siècles (Vasseur).

Ajoutons que la plaine de l'Huveaune se termine à la mer vers 2^{m}, sans présenter de faciès marin.

Les côtes rocheuses ne m'ont pas offert de traces similaires, pas plus d'ailleurs que de restes de terrasses quaternaires. Les fonds des vallées aboutissant aux calanques, dont la signification comme vallées submergées est classique, se terminent par un à pic de quelques mètres, décelant l'avancée mécanique de la mer à l'époque actuelle (chaîne de la Nerte, Marsibaveyre, île Pomègues).

Ces plages, plus élevées que le niveau actuel, ne sauraient être expliquées par lui; la mer constitue sur ses rivages des bourrelets littoraux et jette sur ses falaises, jusqu'à une hauteur pouvant atteindre 3^{m}, des paquets de coquilles; mais l'étalement de ses dépôts ne se produit pas au-dessus de son niveau. Les plages de l'étang de Berre sont particulièrement probantes, étant donnés le calme et les très faibles variations journalières de cet étang. La concordance des divers faits cités fixe le niveau marin correspondant entre les cotes 1 et 1,5. C'est à ces plages que se raccordent les plaines inférieures des vallées : l'ensemble constitue le Récent, dont j'ai essayé de préciser la définition et de montrer l'intérêt ([2]).

Ces terrasses récentes sont antérieures aux premiers siècles de notre ère; mais si l'on admet mon interprétation des dépôts du Vieux-Port, l'époque grecque aurait connu un niveau marin assez voisin du maximum.

Nous pouvons, à la lumière de ces données, reconstituer les dernières variations du niveau marin. Après la Basse-Terrasse, représentée par la terrasse marine à 9^{m} près des Martigues (Collot) et les terrasses de 8^{m}-10^{m} sur le Récent dans la vallée du Rhône, la mer s'est abaissée vers la cote —25 (creusement de l'étang de Caronte et de la cuvette de Berre, rattachement au continent des îles Pomègues et Ratonneau).

([1]) Voir Vasseur, *Ann. Musée Hist. nat. Marseille*, t. 13, p. 114 et 208 (cotes rapportées au zéro du Fort Saint-Jean).

([2]) *C. R. som. Soc. géol. Fr.*, 18 avril 1921. — Je réserve l'interprétation des écarts offerts par les altitudes de ces plaines (celles de même caractère sont plus élevées sur la côte niçoise, où j'avais pris mes premiers exemples).

Le relèvement consécutif du niveau marin s'est poursuivi au delà du niveau actuel, qui a été dépassé, probablement au début de l'époque historique, de 1^{m} environ ; alors se sont édifiées les terrasses récentes. La mer serait depuis, et dans l'ensemble, en voie de régression, sans exclure la possibilité d'épisodes de sens contraire ([1]).

Ces conclusions expliquent facilement l'apparente fixité du niveau marin depuis l'antiquité : elle résulterait de la superposition de deux petits mouvements de sens contraire, avec faible variation au voisinage du maximum.

BOTANIQUE. — *Sur l'accélération basifuge dans l'hypocotyle.* Note ([2]) de M. **P. Bugnon**, présentée par M. L. Guignard.

Les observations que M. G. Chauveaud vient de présenter ([3]) au sujet de ma Note sur l'hypocotyle de la Mercuriale ([4]) appellent un certain nombre de remarques qu'il est utile d'exposer dès maintenant.

I. M. G. Chauveaud semble avoir encore la certitude que l'accélération basifuge, telle qu'il l'a définie, est un fait et non pas seulement une théorie. Il l'affirme du moins au début de sa dernière Note. Il est vrai que, un peu plus loin, il s'exprime ainsi : « Ces faits, *nous les interprétons* (je souligne ce membre de phrase qui ne l'a pas été par l'auteur), en disant : chez les Phanérogames, le développement vasculaire se réalise dans la racine, comme il se réalisait dans la tige fossile des Cryptogames, tandis que dans leur tige il subit une accélération basifuge plus ou moins grande. » Cette phrase citée m'autorise à espérer que nous ne tarderons pas à nous accorder pour considérer l'accélération basifuge seulement comme une théorie. Pour faciliter cet accord, d'ailleurs, j'indiquerai à M. G. Chauveaud quelques-unes des hypothèses qu'il met, sans s'en rendre compte, à la base de ses constructions logiques.

A. Le postulat fondamental, méconnu de M. G. Chauveaud, et sur lequel repose tout son édifice théorique, est le suivant : il n'y a, des cotylédons à la racine, en passant à travers l'axe hypocotylé, qu'un seul appareil conducteur, continu dès l'origine.

L'observation de la continuité ou de la discontinuité initiale des appareils conducteurs des cotylédons et de la racine est rendue très délicate par la précocité avec laquelle la continuité paraît réalisée dans l'embryon et par la faible différenciation relative des éléments cellulaires destinés à devenir conducteurs. C'est d'ailleurs la

([1]) Je réserve le cas des vestiges de Fos, que l'on peut examiner dans cette idée, en écartant certaines exagérations.

([2]) Séance du 26 juin 1922.

([3]) G. Chauveaud, *Comptes rendus*, t. 174, 1922, p. 1487.

([4]) P. Bugnon, *Comptes rendus*, t. 174, 1922, p. 1484.

raison pour laquelle les auteurs ont, en général, étudié les jeunes plantes à un âge où les éléments ligneux, faciles à mettre en évidence, sont déjà différenciés. Beaucoup d'observateurs avaient même choisi, comme objets d'étude, des plantules assez âgées pour que les premiers éléments ligneux, de caractère transitoire, leur aient échappé; G. Chauveaud contribua particulièrement à attirer l'attention sur ces éléments éphémères. Mais il a lui-même cru pouvoir limiter le champ de ses investigations à partir du moment où ces premiers éléments font leur apparition. Or, à ce stade, la continuité des faisceaux procambiaux existe d'un membre à l'autre. On ne pourra donc conclure avec certitude, par la seule étude des stades ultérieurs, à la continuité primitive de l'appareil conducteur embryonnaire ou, au contraire, au raccord secondaire de deux appareils conducteurs différents, discontinus à l'origine, et qui se mettraient en rapport à travers l'axe hypocotylé.

Il est clair que tant que M. G. Chauveaud n'aura pas démontré la continuité initiale du procambium, des cotylédons à la première racine, l'accélération basifuge restera une simple interprétation des faits, à laquelle une autre au moins pourra s'opposer, sous le nom de *théorie du raccord*.

B. Les paléobotanistes paraissent avoir établi (et je m'accorde avec M. G. Chauveaud pour leur emprunter cette donnée) que la différenciation ligneuse centrifuge est apparue postérieurement à la différenciation centripète au cours de l'évolution de l'appareil conducteur chez les Plantes vasculaires.

Théoriquement, le changement d'orientation de la différenciation ligneuse peut s'être opéré suivant au moins deux modalités différentes :

1° Ou bien, il y a eu rotation effective des lignes de différenciation ligneuse autour du premier élément formé, considéré comme pôle; d'après cela, ce sont des vaisseaux d'ancienneté équivalente qui, primitivement différenciés en direction centripète, se sont finalement différenciés en direction centrifuge. Cette hypothèse a été soutenue, en particulier, par Lignier, qui a même cru pouvoir rapporter cette transformation évolutive à la différenciation mériphytaire des feuilles;

2° Ou bien, il y a eu destruction progressive des éléments vasculaires produits au cours des premières phases de la différenciation ligneuse, la phase correspondant à la différenciation centrifuge finissant par apparaître d'emblée. D'après cela, les premiers vaisseaux formés en direction centrifuge ne sont plus équivalents aux premiers vaisseaux centripètes. Cette conception, défendue par G. Chauveaud, reste évidemment, comme la précédente, une hypothèse, puisqu'elle n'a pu être vérifiée pour le passé; pour le présent, elle est en outre fort discutable.

On sait, en effet, que les vaisseaux qui se différencient successivement présentent des caractères histologiques variables avec leur rang par rapport au premier d'entre eux. En particulier, les premiers vaisseaux du bois primaire, qu'ils se développent en direction centripète ou en direction centrifuge, ont toujours les mêmes caractères (faible calibre et ornementation interne annelée ou spiralée); leur ensemble a été désigné, à cause de cela, par le terme de protoxylème. Or, si cette communauté de caractères s'accorde avec la première hypothèse, elle ne s'accorde plus avec la seconde. Aussi, G. Chauveaud a-t-il été contraint de refuser toute signification évolutive aux caractères histologiques des premiers vaisseaux; il proscrit donc l'emploi du mot protoxylème et désigne sous le nom de vaisseaux alternes les éléments du protoxylème centripète et

sous celui de vaisseaux superposés les éléments du protoxylème centrifuge; un tel artifice de nomenclature peut faire oublier les analogies profondes de ces vaisseaux, mais il ne les efface pas.

Je ne puis songer à signaler ici les nombreux cas où la théorie de M. G. Chauveaud fournit des explications aussi peu satisfaisantes ou bien même où elle se révèle impuissante à expliquer; je me réserve de faire cet exposé ailleurs.

Les phénomènes de destruction de vaisseaux, observés par M. G. Chauveaud au cours de l'ontogénie des plantes vasculaires actuelles, notamment dans la région hypocotylée, semblaient, par contre, en faveur de sa théorie; ils en constituaient même la pierre angulaire. Or, M. G. Chauveaud vient de m'accorder que l'accroissement intercalaire longitudinal, phénomène tangible, suffit à expliquer la disparition progressive des premiers éléments ligneux dans l'hypocotyle et la base des cotylédons; il est clair que si cette disparition est imputable à une cause actuelle purement mécanique, sa théorie entière en est, pour le moins, fort ébranlée.

L'accélération basifuge n'est donc qu'une hypothèse fragile sur la modalité d'une transformation évolutive dont le point de départ et le point d'arrivée étaient donnés.

II. Avant d'abandonner sa théorie, M. G. Chauveaud manifeste le légitime désir de voir expliqués, par une autre, un certain nombre de faits qu'il croit inexplicables en dehors de l'accélération basifuge. La Note que j'ai publiée dernièrement ([1]) lui aura déjà fourni, sans doute, une partie des éclaircissements qu'il sollicite.

III. Je n'insisterai ni sur l'argument de priorité, ni sur l'argument d'autorité dont M. G. Chauveaud croit devoir faire usage à la fin de sa Note. Je suis d'accord avec lui sur ce fait que je ne suis pas le premier, — je n'en ai d'ailleurs pas formulé la prétention —, à avoir invoqué les phénomènes d'accroissement intercalaire pour expliquer certains traits d'organisation de l'hypocotyle. Je pense rester d'accord avec lui : 1° en admettant qu'il n'y a pas là un argument contre le rôle effectif de ces phénomènes; 2° en revendiquant d'avoir mis ce rôle en évidence de façon précise, sur un cas particulier bien défini; en cela je m'efforce de suivre la méthode préconisée par M. G. Chauveaud dans des controverses antérieures ([2]).

Je conclus : l'accélération basifuge, définie par M. G. Chauveaud, est une théorie qui repose sur le postulat de la continuité initiale de l'appareil conducteur embryonnaire; elle indique une des modalités possibles de l'évolution de l'appareil conducteur chez les plantes vasculaires; elle n'explique pas, notamment, les caractères communs du protoxylème centripète et du protoxylème centrifuge; elle a été édifiée essentiellement sur le fait de la destruction de certains vaisseaux dans la région hypocotylée, au cours de la germination ; or, cette destruction doit être attribuée à une cause actuelle, l'accroissement intercalaire.

([1]) G. Chauveaud, *Bull. Soc. bot. Fr.*, t. 60, 1913, p. 436.

([2]) P. Bugnon, *Comptes rendus*, t. 174, 1922, p. 954.

BOTANIQUE. — *Un nouvel hôte du* Phyllosiphon *Kühn*.
Note de M. G. Nicolas, présentée par M. Gaston Bonnier.

Le genre *Phyllosiphon* ne comprend que quatre espèces (*Ph. Arisari* Kühn, *Ph. maximus* Lagerh., *Ph. Philodendri* Lagerh., *Ph. Alocasiæ* Lagerh.) qui vivent en parasites dans les feuilles de certaines Aracées. La première espèce connue, le *Ph. Arisari*, a été observée par Kühn sur l'*Arisarum vulgare* au bord de la Méditerranée, entre Bordighera et Villefranche, puis retrouvée sur la même plante dans toute la région méditerranéenne, y compris l'Algérie; en 1906, Maire l'observe à Oran sur l'*Arisarum simorrhinum*, et en 1907, au Fréhaut, près de Lunéville, sur l'*Arum maculatum*. Elle a été recherchée vainement jusqu'ici sur une autre Aracée, l'*Arum italicum* Mill., assez commune dans la région méditerranéenne et vivant, en Algérie, dans les mêmes stations que l'hôte habituel de l'Algue, l'*Arisarum vulgare*.

Familiarisé avec ce parasite si curieux pour en avoir étudié autrefois la biologie ([1]), j'ai eu la bonne fortune de rencontrer, au début de juin 1922, aux environs de Toulouse, sur les bords du Touch, en amont du pont de Blagnac, un pied d'*Arum italicum* dont les feuilles présentaient les taches caractéristiques du *Phyllosiphon*. Le parenchyme, principalement le parenchyme lacuneux de ces taches, héberge de nombreux filaments siphonés à paroi épaisse, bourrés, à cette époque de la végétation, de spores bien vertes avec çà et là de l'amidon; ces filaments ont, en moyenne, 25^{μ} de largeur; ils sont un peu plus étroits que ceux du *Ph. Arisari* (28^{μ}-57^{μ}, 40^{μ}, en moyenne, d'après Kühn). Les spores sont mobiles, douées de mouvements assez rapides et se présentent tantôt sous la forme d'une ellipse, tantôt sous la forme d'une sphère; elles mesurent $4^{\mu},2$ à $4^{\mu},5$ de longueur et $1^{\mu},4$ de largeur; elles sont un peu plus longues, mais surtout plus étroites que celles du *Ph. Arisari* (longueur : 4^{μ}, largeur : $2^{\mu},8$ d'après des mesures faites sur des feuilles d'*Arisarum* provenant d'Alger).

Le mouvement de ces spores, dont aucun auteur n'a parlé, bien qu'il se produise aussi dans celles du *Ph. Arisari* de l'*Arisarum vulgare*, n'est pas dû à la présence de cils. Placées dans l'eau, ces spores s'accroissent, épaississent leur membrane; leurs mouvements se ralentissent; voici leurs dimensions au bout de 7 jours : longueur : 6^{μ}-7^{μ}, largeur : 3^{μ}.

([1]) Nicolas, *Sur le parasitisme du* Phyllosiphon Arisari *Kühn* (*Bull. Soc. Hist. nat. Afrique Nord*, t. 3, 1912).

On ignore jusqu'à maintenant le sort des spores du *Ph. Arisari* depuis le moment de la chute des feuilles de l'hôte jusqu'à la poussée de la végétation suivante.

Étant donnée la faible protection que leur offre leur membrane, très mince au moment de leur dissémination, il semble peu vraisemblable qu'elles passent à cet état tout l'été et une partie de l'hiver; elles s'entourent sans doute d'une enveloppe à l'abri de laquelle elles pourront, grâce à leur chlorophylle, vivre d'une vie autonome jusqu'au moment où elles contamineront de nouvelles feuilles. Les essais de culture tentés vainement par Just sont à reprendre, mais avec des spores qui auront subi leur période normale de repos; ils permettront peut-être d'élucider l'évolution de ce parasite si intéressant.

Le *Phyllosiphon* de l'*Arum italicum* ressemble beaucoup, aussi bien morphologiquement que physiologiquement, à celui de l'*Arisarum vulgare;* il n'en diffère que par la moindre largeur de ses filaments et les dimensions de ses spores, qui sont plus étroites encore que celles du *Ph. Arisari* soient assez variables. Il me semble, cependant, difficile d'admettre, non pas surtout à cause de ces différences morphologiques, que le parasite de l'*Arum italicum* soit le même que celui de l'*Arisarum vulgare*, car, malgré le voisinage de ces deux Aracées, en Algérie, je n'ai jamais observé la présence du *Phyllosiphon* sur l'*Arum italicum*. Le parasite de l'*Arum italicum*, s'il n'appartient pas à une espèce différente du *Ph. Arisari*, constitue tout au moins une race biologique de celui-ci. C'est ce que de nouvelles recherches permettront peut-être de préciser. Il était, cependant, intéressant de signaler dès maintenant la présence du *Phyllosiphon* sur l'*Arum italicum*.

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Expériences pour servir à l'étude du mouvement des liquides dans les massifs cellulaires.* Note de M. **Pierre Lesage**, présentée par M. Gaston Bonnier.

Pour expliquer le passage des liquides d'une cellule dans une autre cellule, on se sert d'ordinaire de l'osmomètre de Dutrochet en insistant sur la notion des courants d'endosmose et d'exosmose et montrant l'une des résultantes qu'on peut suivre dans l'appareil. Une complication de cet appareil fait encore mieux ressortir le mouvement de cellule à cellule; cette complication consiste à intercaler une cellule artificielle entre l'osmomètre et le liquide inférieur. On a ainsi trois parties : un cristallisoir inférieur B,

contenant de l'eau pure sur laquelle repose la cellule artificielle C_1, renfermant une solution et sur la membrane supérieure de laquelle s'applique l'osmomètre C_2, contenant une autre solution; le tout constituant un ensemble que je désignerai par BC_1C_2. Si l'on dispose ce tout de manière que la concentration moléculaire de la solution de C_1 soit plus faible que celle de C_2, on verra le liquide s'élever dans l'osmomètre.

J'ai cherché à étudier ce dispositif en variant les membranes et les liquides de B, de C_1, de C_2. Les résultats que j'ai obtenus sont assez curieux et ils m'ont amené à faire de nombreuses expériences accessoires qui me paraissent intéressantes.

Dans un premier essai, j'ai employé des membranes de peau de vessie que je désignerai, dans l'ordre ascendant de l'appareil, par m_1, m_2, m_3, et dont les surfaces étaient approximativement telles que $m_1 = 9m_2$ et $m_2 = m_3$; quant aux liquides, j'ai mis de l'eau distillée dans B, une solution sucrée en C_1 et la même solution diluée au $\frac{1}{10}$ en C_2. J'ai d'abord posé C_1 sur B de manière à produire la turgescence et rendre l'attraction actuelle pour l'eau (pouvoir osmotique, pression de turgescence) aussi faible que possible; ensuite j'ai assujetti solidement C_2 sur C_1. Le premier mouvement apparent a été une baisse de niveau du liquide de C_2, baisse à laquelle a succédé une montée qui a élevé ce niveau à environ 350^{mm} au-dessus de la membrane m_3, en remplissant la partie étroite de C_2.

Pour vérifier et bien établir ces résultats curieux, j'ai fait plusieurs séries d'expériences dont je résume les principales.

J'ai comparé quatre appareils différents que je désigne par des numéros : n° 1, ne comprenant que B et C_1, et jouant le rôle de filtromètre; n° 2, n° 3 et n° 4, présentant tous trois le même assemblage BC_1C_2, mais avec les variations suivantes. Les membranes m_1 étaient en toile imprégnée d'acétocellulose d'abord et de ferrocyanure de cuivre ensuite, les membranes m_2 et m_3 étaient en peau de vessie. Quant aux liquides : en B, c'était de l'eau distillée au début; en C_1, une solution forte de sucre; en C_2, rien dans le n° 2, de l'eau distillée dans le n° 3, la solution précédente diluée au $\frac{1}{10}$ dans le n° 4. Enfin les cellules C_1 étaient rendues turgescentes avant l'installation définitive. D'abord il y a eu un très léger abaissement du liquide dans le tube étroit de C_2 des n°s 3 et 4, puis la montée de ce liquide s'est faite jusqu'à atteindre, au-dessus de m_3, une hauteur de 2240^{mm} dans le n° 3 et de 2110^{mm} dans le n° 4. Cette élévation aurait pu continuer si j'avais disposé d'une longueur plus grande des tubes. Pendant ce temps il y avait filtration au travers de m_2 dans le n° 1, et au travers de m_2 et de m_3 dans le n° 2.

Comme variation, laissant de côté les n°s 1 et 2, j'ai repris les C_1 de 3 et 4 avec m_1 ferrocyanurée et deux nouvelles cellules C_1 avec m_1 et m_2 en peau de vessie et que je désigne par n° 3 *bis* et n° 4 *bis*; j'ai ainsi monté quatre appareils BC_1C_2 comme précédemment avec eau distillée en B, solution de sucre en C_1 et eau distillée en C_2 des quatre appareils. Cette fois je n'ai pas produit la turgescence préalable de C_1. Le pre-

mier mouvement apparent en C_2 a été une baisse dans 3 *bis* et 4 *bis*, alors que le niveau du liquide a monté tout de suite en 3 et 4. A ce premier mouvement a succédé une montée dans les quatre cas, puis une baisse lente en 3 *bis* et 4 *bis*, tandis que la montée se continuait en 3 et 4.

Comme autre variation, j'ai remplacé l'eau distillée de B par une solution faible de sucre dans les nos 3 et de NaCl dans les nos 4. Après un certain temps, j'ai constaté que le liquide de C_2 ne donnait pas de précipité dans les nos 3, tandis que celui des nos 4 précipitait assez abondamment avec le nitrate d'argent. Des dosages faits avec la solution décinormale de nitrate d'argent m'ont fourni des indications précises à ce sujet, et, en outre, ont montré que, dans C_2, la concentration en NaCl est étagée comme l'ont fait voir des prélèvements de liquide, avec la pipette, à des hauteurs différentes dans la partie large de C_2. Ceci m'a amené à penser que le passage de C_1 en C_2 était moins un phénomène d'osmose qu'une filtration sous pression comme celle qui a été observée au début de ces expériences avec les appareils n° 1 et n° 2. C'est pour m'éclairer à ce sujet que j'ai repris la forme filtromètre du n° 1, avec solution de NaCl en C_1 et eau distillée en B. Une filtration s'est produite, plus ou moins abondante suivant la durée de l'expérience et la concentration de la solution de C_1. En mesurant cette concentration au début et à la fin de chaque expérience, j'ai constaté que la moyenne de ces deux mesures correspondait sensiblement à la mesure de la concentration du NaCl dans le liquide filtré. Il paraissait donc y avoir une véritable transsudation sous pression et l'on pourrait expliquer par là, dans les appareils BC_1, C_2, le passage de liquide de C_1 en C_2 bien que, au début, il y eût seulement de l'eau distillée en C_2; et cela ferait encore comprendre la disposition étagée des concentrations, à la fin, dans C_2 où la diffusion ne pouvait se faire que lentement parce que cette partie était assez étroite.

Des expériences avec les mêmes appareils transformés en osmo-évaporomètres, en évaporomètres, en osmomètres simples, ont été faites pour comparer l'exosmose et l'évaporation des membranes d'acétocellulose ferrocyanurée et de peau de vessie, des membranes de peau de vessie et de peau de vessie ferrocyanurée. Elles semblent avoir établi que les membranes ferrocyanurées exosmosent moins, mais évaporent plus que les membranes non ferrocyanurées, ce qui ramène la pensée vers des rapports de capillarité.

Réservant l'interprétation et la discussion de ces expériences que je ne puis faire ici, je me contenterai d'insister sur quelques points et de mentionner quelques-unes des idées que cet ensemble fait naître.

Les membranes imprégnées de ferrocyanure de cuivre que j'ai employées n'ont jamais été semi-perméables pour les solutions de NaCl que nous avons vu, par exemple, passer de B en C_2.

Ce passage lui-même est intéressant à observer.

Dans l'étude des mouvements des liquides et de leur sens dans les massifs

cellulaires, il faut tenir compte de bien des facteurs : pouvoir osmotique et pression de turgescence plus ou moins profondément modifiables par des condensations ou des dédoublements, nature des membranes et étendue des surfaces au contact, pression minima capable de déterminer la filtration ou la transsudation, etc.

Il serait intéressant d'étudier, en se plaçant au point de vue de ces expériences : la structure de la membrane de la cellule en ses divers points de contact, soit avec une cellule voisine, soit avec un méat intercellulaire; le rôle de l'assise subéreuse et de l'endoderme dans la racine; les rapports de position, de formation des vaisseaux; les rapports de situation des tissus sécréteurs, par exemple des poches et des canaux sécréteurs d'origine schizogène avec ou sans gaine différenciée à leur pourtour, etc.

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Sur la catalase des graines.* Note de MM. **Jacques de Vilmorin** et **Cazaubon**, présentée par M. Gaston Bonnier.

MM. Antonin Němec et František Duchoň ont montré que la teneur en catalase des graines diminue avec le temps, de même que leur faculté germinative [1]. Renouvelant leurs expériences avec diverses variétés de pois (Japanese pea, Paragon, Saint-Martin), nous avons obtenu également dans les lots de chaque variété une relation très nette entre la richesse et la vitalité.

Mais il était particulièrement intéressant de connaître à ce sujet les propriétés des graines d'arbres dont la germination est très lente, en vue de substituer, si possible, la méthode biochimique aux essais de germination. Nous avons examiné dans ce but les graines de différentes variétés de pins et de mélèzes. Ici la teneur en catalase ne paraît pas être fonction de la vitalité de la graine, et les lots qui en contiennent le plus ne sont pas nécessairement ceux qui donnent les meilleurs résultats de germination. Cette absence de relation pourrait être due, au moins en partie, à ce que ces graines possèdent une enveloppe peu perméable; certaines, bien que viables, ne germeraient pas faute d'eau. Ainsi les résultats de la germination et de la méthode biochimique ne sauraient concorder.

De plus, la catalase semble pouvoir subsister parfois, et à dose assez élevée, après que la graine a perdu toute faculté germinative :

---

[1] *Comptes rendus*, t. 173, 1921, p. 933; t. 174, 1922, p. 632.

De vieilles graines de mélèze du Japon ont réagi très nettement sur l'eau oxygénée avec un fort dégagement d'oxygène. (Ces graines étaient manifestement mortes : l'essai de germination avait donné un résultat nul, et 3 pour 100 seulement possédaient encore une amande non desséchée.) Une expérience témoin sur la même graine chauffée une demi-heure à 100° n'a donné lieu qu'à un dégagement gazeux insignifiant.

La présence de la catalase ne serait donc pas chez toutes les espèces une preuve de la vitalité de la graine, et il est justement à regretter que dans les cas examinés, qui présentent un intérêt pratique tout particulier, cette réaction ne puisse être utilisée.

PHYSIOLOGIE. — *Étude spectroscopique comparative du pigment vert du Chétoptère et de la chlorophylle de l'Ulve.* Note de MM. **Marc Romieu** et **Fernand Obaton**, présentée par M. Gaston Bonnier.

La partie moyenne du corps du Chétoptère présente une teinte d'un vert olive foncé qui est due à des granulations d'un pigment particulier remplissant les cellules intestinales. Ray Lankester a proposé pour ce pigment le nom de « chétoptérine » ([1]). Bien que des travaux importants aient été faits sur ce sujet, la question de l'origine et de la nature de la chétoptérine est encore très obscure, comme le fait remarquer Mandoul dans un travail d'ensemble. Ray Lankester, à la suite des études spectroscopiques faites par Stokes et Engelmann, avait noté des analogies entre le spectre d'absorption de la chlorophylle et celui de la chétoptérine, mais il avait signalé cependant des différences dans le nombre et la position des bandes d'absorption. Pour cette raison, et aussi à cause de quelques différences dans les propriétés chimiques, il nia, avec son élève Mlle Newbigin, toute parenté entre la chlorophylle et la chétoptérine, considérant cette dernière comme un pigment produit par l'animal ([2]). Mac Munn, au cours d'un travail sur les entérochlorophylles, pigments en relation avec le tube digestif chez les Mollusques et chez quelques autres Invertébrés, voulut rapprocher la chétoptérine de ces pigments ([3]). Il étudia le spectre du contenu intestinal du Chétoptère; or ce contenu intestinal, formé des débris végétaux ingérés, est en quantité infime, et, les cellules de la paroi chargées de chétoptérine étant

([1]) *Quarterl. Journal Micr. Sc.*, t. 40, 1897, p. 447-448; 4 planches.
([2]) *Quarterl. Journal Micr. Sc.*, t. 41, 1898, p. 391-431.
([3]) *Philos. Trans. of the Roy. Soc. of London*, série B, t. 193, 1900, p. 1-34.

très fragiles, le prélèvement est non seulement délicat, mais donne un mélange de pigments dont l'examen spectroscopique ne peut entraîner la conviction.

D'autre part l'opinion de Mac Munn est combattue par Abderhalden qui déclare que la parenté entre la chétoptérine et les entérochlorophylles n'est ni démontrée ni vraisemblable.

A la suite d'observations répétées, l'un de nous a été amené à considérer le pigment vert du Chétoptère comme une chlorophylle légèrement modifiée, d'origine alimentaire, et par conséquent comme un pigment extrinsèque. Cette manière de voir, en dehors de considérations histologiques et chimiques, est fondée sur le mode d'alimentation du Chétoptère. En effet, ce Ver est essentiellement herbivore dépourvu de trompe et de mâchoires; de plus, dans son tube digestif, on ne rencontre que des débris d'Algues vertes et de Diatomées. Il est logique de penser que le pigment contenu sous forme de grains dans les cellules intestinales provient des végétaux dont l'animal se nourrit. C'est ce que nous nous sommes proposé de rechercher en comparant le spectre d'absorption de la chétoptérine à celui d'une Algue verte, *Ulva lactuca*, dont les débris servent de nourriture à l'animal.

Nous avons utilisé des solutions dans la benzine. La chétoptérine nous a donné un spectre à cinq bandes formé :

1° D'une double bande foncée dans le rouge à gauche de C, constituée par une ombre légère de λ 726$^{\mu\mu}$ à 709$^{\mu\mu}$ et une bande beaucoup plus foncée de λ 697$^{\mu\mu}$ à 663$^{\mu\mu}$;

2° D'une ombre nette mais légère de λ 618$^{\mu\mu}$ à 602$^{\mu\mu}$ entre C et D;

3° D'une bande peu marquée de λ 570$^{\mu\mu}$ à 567$^{\mu\mu}$, c'est-à-dire à droite de D, qui n'apparaît qu'en solution concentrée. Nous n'avons pu la retrouver sur deux solutions alcooliques et éthérées de chétoptérine;

4° D'une ombre assez faible entre λ 545$^{\mu\mu}$ et 539$^{\mu\mu}$, c'est-à-dire à gauche de E;

5° D'une ombre large de 513$^{\mu\mu}$ à 498$^{\mu\mu}$. Enfin le bleu reparaît vers λ 498$^{\mu\mu}$, puis on a une zone d'absorption totale à intensité progressive dans l'indigo et le violet.

La chlorophylle d'Ulve également dissoute dans la benzine, après traitement par l'alcool à 95°, nous a donné un spectre formé :

1° D'une large bande foncée dans le rouge de λ 731$^{\mu\mu}$ à 652$^{\mu\mu}$;

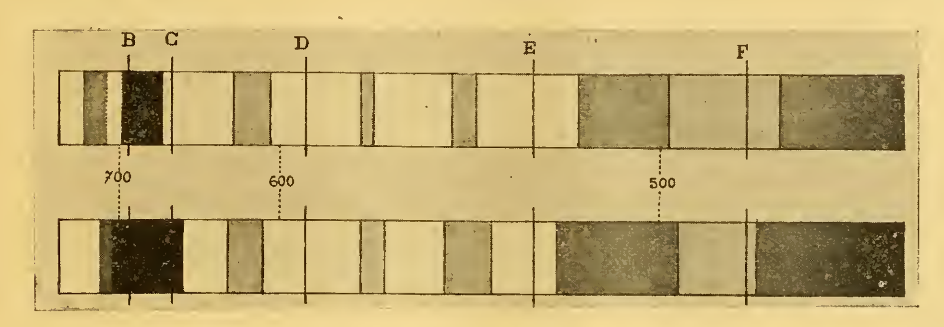
2° D'une ombre nette entre λ 620$^{\mu\mu}$ et 605$^{\mu\mu}$;

3° D'une ombre très légère de λ 570$^{\mu\mu}$ à 562$^{\mu\mu}$, c'est-à-dire à droite de D;

4° D'une bande plus foncée et plus large située entre λ 545$^{\mu\mu}$ et 536$^{\mu\mu}$;

5° D'une bande de λ 523$^{\mu\mu}$ à 496$^{\mu\mu}$. Puis le bleu reparaît et l'absorption totale commence aux environs de λ 486$^{\mu\mu}$.

Si l'on compare les deux spectres que nous venons de décrire et qui sont figurés ci-dessous, on remarque à quel point ils se ressemblent. A part le dédoublement de la bande située dans le rouge, les bandes sont en même



Le spectre supérieur a été obtenu avec une solution de chétoptérine dans la benzine et l'inférieur avec de la chlorophylle d'Ulve dissoute dans le même solvant.

nombre. Elles occupent presque exactement la même position, au point que la variation des axes est de l'ordre des erreurs de mesure. On retrouve en outre, dans la chlorophylle d'Ulve, cette particularité frappante de la chétoptérine, la présence de l'ombre légère située à droite de D, et qui n'apparaît qu'en solution concentrée. Le dédoublement de la bande située dans le rouge, fait non signalé par les auteurs, peut s'expliquer par des différences chimiques légères; d'ailleurs ce dédoublement n'existe pas si l'on prend une solution alcoolique.

Il est particulièrement intéressant de constater que les deux spectres envisagés sont bien plus semblables entre eux que ne le sont le spectre de la chétoptérine et le spectre de ses dérivés acides ou alcalins.

Il y a donc coïncidence presque absolue des deux spectres, ce qui démontre la parenté des deux pigments. De plus, en opérant avec des solutions très diluées, nous avons constaté, pour la chétoptérine comme pour la chlorophylle, l'effacement de toutes les bandes, sauf celle située dans le rouge au voisinage de C. Il résulte de ce que nous venons de dire que le pigment vert du Chétoptère est un pigment très voisin de la chlorophylle d'Algue dont il représente une variété à peine modifiée et introduite dans l'organisme animal. La chétoptérine doit donc être rapprochée des entéro-chlorophylles que les recherches de Dastre et Floresco, celles de Mac Munn, et le récent travail de Vegezzi ([1]) ont montré être d'origine alimentaire, contrairement aux idées de Mlle Newbigin.

([1]) *Thèse de doctorat ès sciences*. Fribourg, 1916.

Nous pouvons donc conclure que la chétoptérine est une substance pigmentaire d'origine extrinsèque qui doit entrer dans le groupe des entérochlorophylles auxquelles elle ressemble beaucoup spectroscopiquement.

PHYSIOLOGIE. — *Étude de quelques fonctions digestives chez les pigeons normaux, nourris au riz poli et en inanition.* Note ([1]) de Mme **Danysz-Michel** et de M. **W. Koskowski**, présentée par M. Roux.

Les pigeons soumis exclusivement au régime du riz décortiqué présentent plus ou moins rapidement avec plus ou moins de régularité des troubles cérébelleux et paralytiques, attribués selon beaucoup d'auteurs au manque, dans le riz poli, de vitamines nécessaire à la vie et au développement normal de l'animal.

A côté de ces phénomènes pathologiques nerveux, d'autres apparaissent dès les premiers jours du régime : troubles profonds de la nutrition, l'animal perd peu à peu l'appétit, présente les symptômes des pigeons inanitiés, manifeste de nombreux troubles gastro-intestinaux; en un mot, ses fonctions digestives semblent profondément altérées.

Quelles sont ces altérations et quelles en sont les causes?

Nous avons mis en expérience quatre lots de pigeons :

A. Pigeons nourris normalement;

B. Pigeons soumis au jeûne absolu;

C. Pigeons nourris exclusivement avec du riz poli;

D. Même régime que C, mais recevant des injections quotidiennes sous la peau d'une solution dans l'eau physiologique de la β-imidazoléthylamine ou histamine ($0^g,0004$).

I. *Examen du suc gastrique.* — A intervalles réguliers, à partir du septième jour de régime, on opère successivement un pigeon. La sécrétion du suc gastrique est provoquée facilement comme l'a montré Koskowski ([2]) par des injections très faibles d'histamine; le suc est recueilli et étudié. On compare les *quantités* fournies par les pigeons A, B, C, D, et les *qualités* biologiques et chimiques.

Les résultats sont les suivants :

Avec les mêmes doses d'histamine (0,0001), et en tenant compte autant

---

([1]) Séance du 19 juin 1922.

([2]) *Comptes rendus*, t. 174, 1922, p. 247; *Archives internationales de Pharmacodynamie et de Thérapie*, t. 26, 1922, fasc. 5, 6.

que possible des différents états des pigeons opérés, on constate que les pigeons soumis au régime du riz poli, et recevant chaque jour une injection d'histamine, donnent à peu près la même quantité que les pigeons normaux (6^{cm^3} à 7^{cm^3} en 1 heure), les pigeons en inanition, au moins autant, tandis que ceux nourris au riz décortiqué ne donnent plus en moyenne que 1^{cm^3} à 4^{cm^3}.

Nous avons déterminé, à l'aide du dispositif électrométrique décrit par M. Albert Berthelot, la concentration des ions hydrogène de ces différents sucs gastriques. En les comparant aux sucs des pigeons normaux, on trouve que l'*acidité est plus grande chez les pigeons* D, *un peu plus faible chez les pigeons* B *et surtout chez les pigeons* C.

L'essai des pepsines à l'aide des tubes de Mette et de la fibrine teinte en prenant comme témoin une solution de pepsine à 2^g par litre montre que les sucs gastriques des pigeons B ont une activité digestive assez faible mais toujours positive; chez les pigeons D, elle est comparable à celle des pigeons normaux A, tandis qu'*elle disparaît presque dans la série* C (riz poli).

II. *Examen du contenu intestinal.* — Dès les premiers jours du traitement, les pigeons des séries B, C, D ont présenté des troubles gastro-intestinaux très graves en même temps qu'une hypersécrétion de bile. La flore bactérienne se transforme dès le début. Alors qu'elle est assez variée, mais peu nombreuse chez les pigeons normaux A, elle devient en peu de temps, chez les pigeons des séries C et D (régime du riz poli), extrêmement abondante; de gros bacilles, ayant un pouvoir protéolytique très prononcé, envahissent peu à peu toute la flore.

Les expériences en cours ne nous ont pas encore révélé d'une façon très nette l'influence que pourraient avoir ces bacilles sur les troubles de la nutrition ou sur les troubles nerveux. Ils paraissent toutefois avoir une influence certaine, mais dont les effets ne se manifestent que tardivement.

Tous ces faits nous permettent de conclure que :

1° Chez les pigeons nourris au riz poli, les glandes gastriques sont *capables* de fabriquer du suc gastrique même en période de crise paralytique. Le suc, qui ne diffère pas beaucoup de celui des pigeons normaux au point de vue quantité et acidité (légère diminution), présente au contraire une grande différence dans son action fermentaire par *son manque presque constant* de pepsine ou son épuisement extrêmement facile.

2° Par contre, chez les pigeons en inanition, la pepsine *existe toujours*.

3° Un fait primordial, c'est *l'absence absolue d'accidents nerveux* ou de crises paralytiques chez les pigeons soumis au régime du riz poli et recevant

des injections quotidiennes d'histamine, en même temps que la *présence constante et normale de pepsine*. Le suc gastrique de ces pigeons est presque normal quant à l'acidité et au pouvoir protéolytique.

Les injections d'histamine, chez les pigeons nourris au riz poli, provoquent donc la sécrétion gastrique, une augmentation dans l'acidité, la formation continue de pepsine et empêche les crises.

Il y a probablement chez eux augmentation de l'hydrolyse digestive, assimilation à peu près complète des produits alimentaires, utilisation meilleure comme substance plastique de la petite quantité de gluten contenue dans le riz poli, disparition des substances toxiques dues en général à l'hydrolyse incomplète.

Nous conclurons donc, en mettant en évidence la coïncidence des phénomènes nerveux, du manque de pepsine, de l'apparition dans la flore de formes microbiennes protéolytiques en même temps que d'une mauvaise évacuation intestinale.

La mort de ces pigeons peut s'expliquer par le manque de substances plastiques nécessaires à l'évacuation des produits toxiques, par le manque de substances azotées (certains acides aminés) nécessaires à la reconstruction des tissus et surtout des ferments.

La nécessité d'invoquer un principe assez mal défini, une vitamine, ne nous paraît pas établie.

PHYSIOLOGIE. — *Sur l'énergie nerveuse motrice : Électromyogrammes.* Note [1] de M. J. **Athanasiu**, présentée par M. Charles Richet.

L'étude de ce que l'on a appelé : *influx*, *onde* ou *fluide nerveux*, n'est devenue possible que grâce à la découverte du courant d'action (courant électrique) qui accompagne l'activité de différents organes, spécialement des muscles et des nerfs, et surtout grâce à l'invention du galvanomètre à corde par Einthoven (1903), qui peut nous renseigner sur la forme de ce courant. Piper [2] (1907) a été le premier à enregistrer sur l'homme, à l'aide de cet appareil, le courant d'action des muscles fléchisseurs des doigts, en contraction volontaire et il a trouvé que ce courant présente en moyenne 50 vibrations par seconde. D'autres auteurs ont trouvé des chiffres plus

---

(1) Séance du 19 juin 1922.

(2) H. Piper, *Arch. f. d. ges. Physiol.*, t. 119, 1907, p. 317.

grands (Hoffmann) (¹), 100-150 sur les muscles du globe oculaire, Dittler et Günther (²) 120-250 sur les muscles fléchisseurs des doigts, etc. Quant à l'origine de ces vibrations les opinions sont partagées. Pour les uns (Piper), elles prendraient naissance dans le muscle sous l'impulsion des *salves*, nerveuses ayant le même rythme. Pour d'autres (Garten), elles

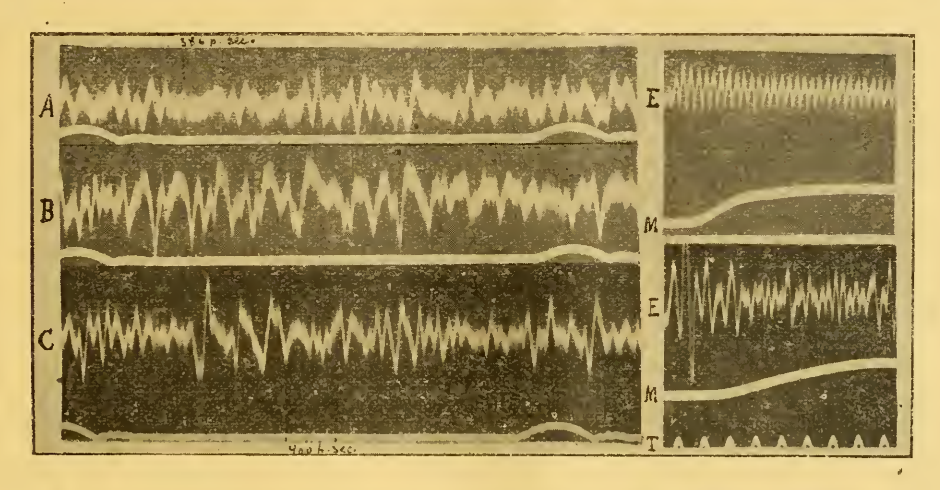


Fig. 1. — A, électromyogramme volontaire des muscles fléchisseurs des doigts de l'homme. Corde en verre argenté, 4μ; résistance, 3000 ohms; tension, 5^{mm} pour 0,001 volt; temps, 1/5 de seconde; amplification optique, 1000 fois. — B, électromyogramme volontaire du muscle triceps fémoral du cobaye, même corde que dans A; tension, 3^{mm} pour 0,001 volt; même amplification optique. — C, électromyogramme volontaire du muscle triceps fémoral de la grenouille. Corde en verre argenté, 3μ; résistance, 4000 ohms; tension, 2^{mm},5 pour 0,001 volt.

Fig. 2. — E, électromyogramme expérimental du gastrocnémien de la grenouille, 222 excitations par seconde; M, myogramme.

Fig. 3. — E, électromyogramme expérimental du gastrocnémien de la grenouille, 720 excitations par seconde; M, myogramme; T, temps, 1/100 de seconde.

Tension de la corde dans les figures 2 et 3, 1^{mm} pour 0,001 volt.

seraient dues au muscle seul, qui aurait une rythmicité vibratoire propre.

Nos recherches ont été faites avec le galvanomètre à corde, grand modèle, que la Direction de l'Institut Marey a bien voulu mettre à notre disposition.

Le nombre total des vibrations, dans les électromyogrammes volontaires varie, entre des limites assez étendues, suivant l'espèce, suivant l'individu et surtout suivant l'intensité de l'effort musculaire. Voici quelques chiffres moyens : *Homme* 275 (fléchisseurs des doigts), *Cobaye* 290 (triceps fémoral), *Grenouille* 290 (triceps fémoral).

(¹) Hoffmann, *Arch. f. Physiol.*, 1913, p. 23.

(²) Dittler et Günther, *Arch. f. d. ges. Physiol.*, t. 155, 1914, p. 251.

Mais, ce qui nous intéresse, ce n'est pas tant le nombre total des vibrations que la forme générale du tracé, qui est extrêmement complexe. L'analyse nous permet de distinguer deux sortes d'oscillations bien distinctes : des grandes et des petites qui alternent d'une façon irrégulière. Pour déterminer avec précision l'origine de ces oscillations il faut éliminer : 1° l'erreur qui peut provenir du galvanomètre; 2° la part due à l'activité du muscle; 3° la part due à l'activité du système nerveux.

Avec M. Bull, nous avons soumis le galvanomètre à corde à une épreuve directe d'exactitude, qui consiste à lui envoyer un courant électrique de forme connue, donné par un alternateur spécial et de voir entre quelles limites d'amplitude et de fréquence la corde peut le suivre sans le déformer. Nous avons acquis ainsi la certitude que le galvanomètre à corde peut reproduire, très fidèlement, la forme d'un courant, qui présente jusqu'à 700 vibrations d'intensité variable, par seconde, s'il est placé dans de bonnes conditions d'isolement, de stabilité, de tension de la corde, etc. Les phénomènes que nous étudions rentrent dans ce cadre.

Nous nous occuperons dans cette Note de la part qui revient au muscle dans l'électromyogramme volontaire. Pour déterminer cette part, nous avons excité le nerf d'une préparation neuro-musculaire (gastrocnémien + sciatique) de grenouille avec un courant électrique à basse tension (0,1 – 3 volts) et nous avons enregistré simultanément le raccourcissement du muscle et son courant d'action. Comme interrupteur nous avons employé la roue qui a servi à M. Bull [1] dans ses expériences de cinématographie par étincelle électrique et qui permet d'envoyer au nerf un grand nombre d'excitations dans l'unité de temps (2500 et même plus).

La figure 2 montre que le courant d'action du muscle suit très régulièrement le rythme de l'excitant jusqu'à une fréquence de 222 par seconde; il n'y a qu'une diminution progressive de l'amplitude due à la fatigue. A une fréquence plus grande (300-1800 excitations par seconde) le courant d'action ne suit plus cette fréquence et il prend un rythme propre (*fig.* 3), comme cela avait été constaté aussi par Buchanan [2] (1901), Hoffmann [3] (1909), etc. Mais, en poursuivant l'analyse de ces électromyogrammes expérimentaux, il est aisé de voir qu'ils présentent une grande ressemblance avec les électromyogrammes volontaires. Ils contiennent tous de grandes et de petites oscillations qui alternent irrégulière-

---

(1) L. Bull, *Comptes rendus*, t. 138, 1904, p. 755.
(2) Buchanan, *Journ. of Physiol.*, t. 27, p. 95.
(3) Hoffmann, *Arch. f. Physiol.*, 1909, p. 430.

ment. Nous savons que ces dernières représentent le courant d'action qui accompagne les oscillations nerveuses, engendrées dans le nerf, sous l'influence de notre excitant, dont elles suivent le rythme. Mais pour le muscle ce rythme est trop élevé, qui ne répond alors qu'à des groupes d'excitations. Les grandes oscillations correspondent donc aux secousses musculaires qui sont fusionnées sur le myogramme mais non pas sur l'électromyogramme.

A la lumière de ces faits nous comprenons maintenant mieux l'électromyogramme volontaire. Les grandes oscillations appartiennent seules au muscle (*vibrations électromusculaires*) et représentent le courant d'action des secousses dont est formée toute contraction volontaire. Celle-ci est, en effet, en tout point, semblable au tétanos artificiel du muscle.

Les petites oscillations représentent le courant d'action de l'excitant nerveux qui met le muscle en état de contraction volontaire. Cet excitant (influx nerveux), loin d'être continu, présente, au contraire, un grand nombre de vibrations dans l'unité de temps (*vibrations électro-neuro-motrices*). Voici les chiffres moyens que nous avons trouvé : *Homme* (fléchisseurs des doigts) entre 320 et 512, *Cobaye* (triceps fémoral) entre 330 et 506, *Grenouille* (triceps fémoral) entre 335 et 500.

Mais le nombre des vibrations électro-neuro-motrices, de même que celui des vibrations électromusculaires, varie entre des limites assez étendues avec l'intensité de l'effort volontaire. Ainsi nous trouvons dans l'effort faible 377 vibrations électro-neuro-motrices et dans l'effort maximum 428.

PHYSIOLOGIE. — *Action du choc peptonique sur le système nerveux vago-sympathique.* Note (¹) de MM. L. Garrelon, D. Santenoise et R. Thuillant, présentée par M. Charles Richet.

Dans des Communications précédentes, nous avons montré l'influence de l'état du système nerveux organo-végétatif sur la manifestation du choc peptonique, lequel est analogue mais non identique au choc anaphylactique.

Nous avons signalé qu'un état de vagotonie (²) préalable était indispen-

(¹) Séance du 19 juin 1922.

(²) On appelle état vagotonique, un état tel que la compression des globes occulaires amène, par le nerf vague, un ralentissement du cœur. Bien entendu, il ne s'agit que de nuances et toutes les transitions s'observent.

sable pour la manifestation du choc; un état d'hypovagotonie empêchait au contraire le choc de se manifester.

Nos expériences poursuivies depuis un an, effectuées sur des espèces différentes, et réunissant plus de 150 injections de peptone, nous permettent aujourd'hui d'apporter plus de précision sur le rôle du système vago-sympathique dans le choc peptonique et la skeptophylaxie protéinique.

1° Nous avons vérifié que le choc peptonique ne se produit pas en hypovagotonie.

Nous devons signaler toutefois que, dans certaines expériences où nous avons injecté des doses très élevées de peptone, ces fortes doses ont provoqué un choc manifeste, quel que soit l'état du tonus neuro-végétatif.

2° Avec les doses moyennes, nous avons toujours constaté un choc d'intensité proportionnelle à la vagotonie du sujet. (Nous explorons l'état de tonus du système neuro-végétatif au moyen du réflexe oculo-cardiaque.)

3° L'injection de peptone est immédiatement suivie d'une exagération du tonus organo-végétatif existant au moment de l'injection (hypervagotonie si l'animal est vagotonique avant l'injection, sympathicotonie si l'animal est hypovagotonique).

4° Au bout d'un temps variable suivant la dose injectée et l'état de susceptibilité vago-sympathique, le tonus neuro-végétatif se trouve inversé; à la vagotonie succède une hypovagotonie, à l'hypovagotonie succède une vagotonie, même si l'hypovagotonie est obtenue par l'injection préalable d'atropine.

5° Ces modifications sont assez passagères, l'animal tend à revenir à son tonus antérieur.

6° Ces modifications se produisent d'autant plus rapidement et sont d'autant plus passagères, qu'elles sont consécutives à des injections plus nombreuses. D'où la difficulté croissante de tomber en phase d'hypovagotonie après un certain nombre d'injections et de réaliser, par suite, la skeptophylaxie.

8° Lorsqu'une injection de peptone a provoqué un choc, une seconde injection peut être sans effet apparent (c'est-à-dire ne causer ni chute de pression ni leucopénie périphérique) *à condition toutefois* que cette injection soit effectuée au moment de l'hypovagotonie consécutive à l'injection déchaînante (1 heure et demie à 2 heures pour les injections de doses moyennes).

8° Une deuxième injection de peptone effectuée avant l'apparition de cette hypovagotonie provoque un choc nouveau. Une deuxième injection

de peptone effectuée après la disparition de cette hypovagotonie provoquera aussi un choc nouveau.

9° Si une première injection de peptone est effectuée en hypovagotonie naturelle ou provoquée (atropine) elle n'a pas d'effet apparent, mais elle inverse le tonus organo-végétatif, et permet à *une deuxième injection* d'être suivie d'un choc manifeste.

De toutes ces expériences, nous pouvons conclure que la manifestation du choc peptonique est conditionnée par une susceptibilité antérieure du système vago-sympathique.

De plus, ainsi que dans l'action des poisons du système nerveux, nous observons après l'injection de peptone une hyperexcitabilité du système neuro-végétatif précédant sa modification secondaire. Enfin, étant donnée l'importance primordiale de l'état de tonus vago-sympathique dans les conditions de manifestation du choc peptonique, nous croyons que la skeptophylaxie protéinique est due à la modification du tonus neuro-végétatif, consécutive à l'injection déchaînante.

PHYSIOLOGIE EMBRYONNAIRE. — *Les premières manifestations de la coordination nerveuse sur les mouvements du corps des Sélaciens Scyllioïdiens* (Scylliorhinus canicula *L. Gill.*). Note de M. P. **Wintrebert**, présentée par M. Henneguy.

L'embryon de *Scylliorhinus canicula* est un objet de choix pour l'étude des phénomènes qui marquent le début de l'action nerveuse sur les muscles du squelette et cela pour deux raisons : 1° parce qu'on peut suivre toute l'évolution du mouvement locomoteur à travers la coque de l'œuf après l'avoir rendue transparente ; 2° parce qu'avant la liaison neuro-musculaire chacune des deux bandes musculaires latérales droite et gauche exécute un mouvement aneural rythmé, continu et régulier en milieu constant, dont les changements dénoncent et mettent en relief l'intervention nerveuse.

La liaison neuro-musculaire commence à se produire dans la seconde moitié du stade I de Balfour par une phase de « dualisme nerveux » (1) où chaque moitié de la moelle agit, indépendamment de l'autre moitié, sur la bande musculaire correspondante. L'unité de la fonction nerveuse et la

(1) *Comptes rendus*, t. 173, 1921, p. 174, et *Congrès de l'Association française pour l'Avancement des Sciences*, Rouen, 1921.

coordination des deux mouvements D et G s'effectuent pendant le stade K et j'ai subdivisé celui-ci en trois périodes dont chacune comprend des transformations anatomiques (¹) et physiologiques particulières.

Pour bien saisir le caractère des manifestations fonctionnelles observées, quelques principes généraux doivent tout d'abord être énoncés. L'action nerveuse :

1° S'exerce à son début d'une manière intermittente; rare et fugace en premier lieu, elle se prolonge ensuite et devient plus fréquente et finit par être continue;

2° Elle anéantit, tant qu'elle dure, le mécanisme musculaire aneural, qui reprend son jeu quand elle cesse;

3° Elle se manifeste à la fois et d'emblée par des phénomènes d'*inhibition* et des phénomènes d'*excitation ;*

4° Alors que le mouvement aneural rythmé reste semblable à lui-même à toutes les périodes de son existence, la fonction nerveuse subit une véritable évolution; les centres qui font mouvoir les muscles fonctionnent d'abord d'une manière isolée, sans recevoir de la périphérie, ou d'autres centres, aucune excitation occasionnelle; mais peu à peu les réflexes s'installent, l'organisation nerveuse se complique et les mouvements prennent une allure irrégulière;

5° La liaison neuro-musculaire, comme auparavant la contractibilité aneurale, s'établit progressivement d'avant en arrière, de sorte qu'à son début les deux mécanismes aneural et nerveux sont associés pour déterminer le mouvement; l'initiative de la contraction est nerveuse, mais sa propagation reste, un certain laps de temps, aneurale. Cependant l'initiative nerveuse se substitue à l'initiative musculaire au lieu même où est situé, aux stades I et K, le point de départ de la contraction aneurale, c'est-à-dire au niveau des myotomes sus-pédiculaires (10ᵉ et suivants) et ne se produit pas, derrière l'oreille, dans la région la plus antérieure de la bande musculaire.

Étape K¹. — *Phase de substitution du « balancement égal » aux combinaisons multiples du double mouvement aneural.* — Les deux révolutions musculaires indépendantes D et G du mouvement sans nerf ont une durée inégale. De cette inégalité résulte une variation continue du mouvement, qui se produit suivant un cycle régulier si la différence de durée entre les révolutions reste constante; on voit se succéder dans

(¹) *Le stade* K *de* Balfour, avec 10 figures (*Comptes rendus de la Société de Biologie*, t. 87, 1922, n° 24).

le même sens les attitudes suivantes : la boiterie GD, le balancement égal, la boiterie DG, le cabrement vertical conséquence de l'annihilation dans le sens latéral des deux contractions D et G coexistantes. L'excitation coordonnée des systèmes nerveux détermine le retour imprévu et la persistance du « balancement égal »; elle ne provoque pas seulement l'égalisation de durée des révolutions musculaires D et G, mais encore l'exécution des mouvements opposés à intervalles égaux. Le « balancement égal » est obtenu par l'avance ou le retard juste à point de l'une ou de l'autre contraction, de sorte que son retour inopiné pendant l'accomplissement ordonné d'un cycle donne l'impression d'une correction, d'un redressement des boiteries aneurales.

Mais les périodes de balancement nerveux sont elles-mêmes interrompues d'une manière inattendue par de courts *arrêts* qui résultent de la prolongation simultanée des deux révolutions musculaires. La cessation momentanée de tout mouvement peut être prise comme point de repère pour fixer la fin de la première phase.

Étape K². — *Phase de l'automatisme nerveux.* — Elle est caractérisée : 1° par des *séries de plus en plus longues d'oscillations bilatérales* de cadence régulière, mais de vitesse variable, dont le nombre varie de 10 à 100 et plus, chaque révolution musculaire ayant souvent une durée d'un tiers plus courte que la durée du rythme musculaire aneural, dans les mêmes conditions de milieu; 2° par des *arrêts de plus en plus longs*, dont la durée, généralement inférieure à la durée des balancements qui les ont précédés et sans rapport direct avec elle, augmente avec l'âge et équivaut au temps de 1, 2, 10, 25 révolutions musculaires.

Une distinction très nette se révèle donc entre l'automatisme musculaire, dont le rythme est *continu* en milieu constant, et l'automatisme nerveux qui est *discontinu*. Si donc la constance est considérée comme la qualité essentielle d'un rythme, le « balancement égal » n'est pas rythmé. On ne peut nier, pourtant, qu'il ne s'exécute avec une périodicité parfaite pendant des intervalles de temps limités. Son moment et sa durée ne peuvent être prévus, mais son renouvellement est incessant et son exécution parfois très prolongée.

On voit exceptionnellement survenir, par crises, des modifications isolées d'un seul mouvement latéral D ou G (accélération, ralentissement, arrêt). Jusqu'à la fin de l'étape on remarque quelques boiteries et conjonctions dont la présence démontre qu'à de rares intervalles l'action nerveuse cesse, laissant réapparaître le mouvement aneural.

Étape K³. — *Phase des mouvements irréguliers.* — Le « balancement égal » n'est plus prédominant. Les oscillations cadencées changent fréquemment de vitesse et d'amplitude. Des séries complexes de mouvements hétérogènes se succèdent, interrompues par des arrêts plus ou moins brefs. Le point de départ de la contraction est variable et pendant sa propagation l'ampleur du mouvement s'accroît ou s'amoindrit. Des reprises brusques de flexion, des courbures en plusieurs temps, quelques trémulations rapides s'observent. Ces phénomènes troublent gravement la cadence des balancements égaux; ils témoignent de la complexité croissante des associations nerveuses et révèlent l'intervention des réflexes.

PHYSIOLOGIE GÉNÉRALE. — *Au sujet d'une Note de M. L. Lapicque sur le « mécanisme des échanges entre la cellule et le milieu ambiant »*. Note [1] de M. **Pierre Girard**, présentée par M. G. Urbain.

Dans une Note récente relative au « mécanisme des échanges entre la cellule et le milieu ambiant » [2], M. Lapicque attirait fort justement l'attention sur le déséquilibre osmotique qui paraît être la règle entre la cellule et le milieu qui la baigne.

Il pense avec raison que les lois classiques de l'osmose ne peuvent rendre compte des échanges *in vivo*. D'autres facteurs que les seuls rapports des concentrations moléculaires doivent sans doute intervenir. « On est obligé, dit-il, de reconnaître l'existence dans la cellule d'une fonction vitale dépensant de l'énergie pour surmonter les équilibres physiques comme une pompe surmonte les équilibres hydrostatiques. Je propose d'appeler cette fonction *épictèse* (acquisition en excédent). »

Dès 1910 [3] nous avons démontré qu'indépendamment des rapports des concentrations moléculaires, d'autres facteurs, de nature électrostatique étaient actifs dans l'osmose; il suffit que dans l'une des deux liqueurs en présence, le PH s'écarte de la neutralité pour que le septum qui les sépare devienne le siège d'une différence de potentiel (polarisation sans source électrique extérieure au système) en même temps que le long des parois des interstices capillaires qui le traversent dans son épaisseur et que remplissent des veines liquides des couches doubles d'Helmholtz prennent naissance.

Dans ces conditions le sens du glissement des veines liquides (revêtues de charges électriques d'un signe donné) dépendra de l'orientation du champ réalisé d'une face à l'autre du septum.

Ces osmoses ainsi provoquées peuvent aussi bien être négatives que positives. Ces données furent ultérieurement confirmées par de nombreuses recherches effectuées tant en Allemagne qu'en Amérique par Bernstein, Freundlich, Bartell et Hocker, Jacques Lœb.

Or il est facile de reproduire *in vitro* lorsque entrent en jeu ces facteurs électrostatiques de l'osmose des déséquilibres paradoxaux analogues à ceux qu'observa M. Lapicque sur des cellules d'algues vivantes.

---

(1) Séance du 27 juin 1922.

(2) *Comptes rendus*, t. 174, 1922, p. 1490.

(3) *Comptes rendus*, t. 151, 1910, p. 99.

Dans une Note précédente (¹), nous décrivions des expériences d'osmose où s'opposaient deux solutions rigoureusement isotoniques; dans ces conditions, dès qu'entraient en jeu les facteurs électriques que nous avons décrits comme actifs dans l'osmose, et seulement dans ce cas, l'équilibre se trouvait rompu, si rigoureuse que fût l'isotonie des solutions en présence, tout de même que dans les expériences de M. Lapicque sur *Ectocarpus* ou *Spyragira* entraînant également des écarts de concentration moléculaire.

D'autre part, lorsqu'on étudie le comportement d'une cellule vivante autonome soumise à l'action d'un champ électrique, dans un milieu conducteur, on voit qu'elle se déplace vers un pôle; tout se passe comme si sa paroi était revêtue de charges électriques d'un signe donné que compensent des charges d'un signe inverse. Or il est possible de faire varier l'état électrique d'une paroi cellulaire (les lois de Jean Perrin nous en donnent le moyen) et de définir ces variations, en déterminant les vitesses de déplacement de la cellule, dans un champ de valeur connue. Nous avons ainsi montré l'existence d'une étroite relation entre l'état électrique de la paroi de la cellule et son comportement osmotique (²).

Nous ne doutons pas pour notre part qu'il s'agisse là de phénomènes d'osmose électrique.

Ajoutons pour terminer que nous tenons pour impossible d'évaluer la pression osmotique d'une cellule vivante. Le procédé de de Vries (la plasmolyse) est vicié du fait de l'intervention des facteurs électrostatiques que nous avons décrits. Reste l'analyse chimique (méthode du bouillon); mais comment faire le départ des particules (moléculisation) qui s'agitent librement, et *qui seules comptent dans l'évaluation de la pression osmotique*, et de celles adsorbées par les micelles protoplasmiques?

PARASITISME. — *Théorie de l'action des parasites entomophages. Accroissement de la proportion d'hôtes parasités dans le parasitisme cyclique.* Note de M. **W.-R. Thompson**, présentée par M. P. Marchal.

Dans une Communication précédente (³) j'ai démontré que la courbe de l'accroissement de la proportion d'hôtes parasités par génération, pour le cas de parasitisme cyclique est donnée par la formule suivante, lorsque la

(¹) *Comptes rendus*, t. 153, 1911, p. 401.
(²) *Comptes rendus*, t. 156, 1913, p. 1401.
(³) *Comptes rendus*, t. 164, 1917, p. 1433.

puissance reproductrice du parasite est a fois celle de l'hôte, le nombre initial d'hôtes égal à n, le nombre initial de parasites égal à p, les proportions des sexes, les mêmes chez l'un et l'autre :

$$\alpha \left(\begin{smallmatrix}\text{proportion pour 100}\\ \text{d'hôtes parasités}\end{smallmatrix}\right) = \frac{100\,pa^t}{n - p\left\{\dfrac{a^t - a}{a - 1}\right\}}.$$

Dans cette formule, posons $p = 10$, $n = 100$, $a = 1,5$. Nous aurons, pour une série de valeurs de t = nombre de générations :

t.....	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.
α......	1,5	2,28	3,50	5,4	8,64	14,2	24,6	50,0	100,0

Posons $n = 10000$, les autres valeurs restant les mêmes, nous aurons alors :

t.........	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.
α..........	0,15	0,225	0,33	0,508	0,766	1,16	1,76	2,70
t.........	9.	10.	11.	12.	13.	14.	15.	
α..........	4,15	6,50	9,6	18,6	34,2	78,0	530	

D'autre part, si la puissance reproductrice du parasite est égale à celle de l'hôte, nous avons

$$\alpha = \frac{100\,p}{n - p(t-1)}.$$

Posons $n = 100$, $p = 10$, nous aurons alors :

t.....	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.
α......	10	11,1	12,5	14,35	16,6	20	25	33,3	50	100

Posons $n = 200$, $p = 10$, nous aurons alors :

t......	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.
α.......	5	5,25	5,55	5,875	6,25	6,66	7,14	7,7	8,32	9,1
t......	11.	12.	13.	14.	15.	16.	17.	18.	19.	20.
α.......	10,0	11,1	12,5	14,35	16,6	20,0	25	33,3	50	100

Ces exemples nous montrent que, dans tous les cas considérés, la forme générale de la courbe du parasitisme proportionnel est la même. Cette courbe monte pendant assez longtemps très peu pour chaque accroissement dans la valeur de t, mais vers sa fin, au contraire, monte de plus en plus rapidement.

Plus est grande la proportion initiale d'hôtes, et plus la partie initiale de

la courbe se prolonge, la partie terminale restant, toutefois, à peu près de la même forme.

Si la puissance reproductrice du parasite est plus grande que celle de l'hôte, une augmentation, même considérable, dans le nombre initial d'hôtes, voire dans la valeur de n par rapport à p, ne détermine qu'un prolongement relativement faible dans la partie initiale de la courbe. Plus l'écart entre la puissance reproductrice du parasite et celle de l'hôte est grand, dans un sens favorable au parasite, et moins une augmentation dans la valeur de n aura d'effet sur la première partie de la courbe considérée.

Si la puissance reproductrice du parasite est seulement égale à celle de l'hôte, une augmentation relativement faible dans la valeur de n déterminera un prolongement considérable de la partie initiale de la courbe, c'est-à-dire la partie qui correspond aux valeurs faibles de α.

Nous pouvons donc conclure, toutes choses égales d'ailleurs, que si nous introduisons une colonie de parasites dans une région occupée par une forte population d'hôtes, l'effet de cette introduction peut être à peine perceptible pendant très longtemps; et cela non seulement à l'observateur ordinaire, mais même à l'entomologiste exercé, puisque, dans certains cas, le pourcentage de parasites ne monte que très peu par génération, surtout si le nombre d'hôtes est très grand par rapport au nombre de parasites et, à plus forte raison encore, si la puissance reproductrice du parasite est seulement égale à celle de l'hôte.

Si le parasite se disperse très lentement depuis le lieu où il a été colonisé, et si, pour calculer l'accroissement du parasitisme par génération, nous n'étudions que des collections faites dans cette région, nous obtiendrons des chiffres beaucoup trop grands par rapport à l'ensemble de la région envahie; mais si les parasites se dispersent rapidement, nos chiffres auront plus de chances d'être valables.

Il ne faut pas oublier que, dans la plupart des cas, le nombre de parasites introduit est infime par rapport au nombre d'hôtes dans une région envahie. Ainsi, dans les opérations sur les parasites de *Liparis dispar*, on a dû souvent se contenter d'une colonie de mille individus de certains parasites, considérée d'ailleurs comme susceptible de donner un bon résultat; le nombre d'hôtes dans ce cas étant toutefois presque incalculable. Or, si l'on admettait que le nombre d'hôtes était seulement mille millions, que le parasite se reproduisait deux fois aussi vite que l'hôte, presque 19 générations s'ensuivraient avant l'anéantissement de l'hôte; et pendant les pre-

mières 16 générations, le parasitisme, dans l'ensemble de la région, n'atteindrait même pas 10 pour 100.

Pendant cette longue période. il peut y avoir, d'abord, des concentrations locales du parasite, suivies par des disparitions, sous l'action des facteurs dont l'influence est seulement passagère. Il peut y avoir, dans une génération quelconque, des endroits restreints surpeuplés, à côté, d'autres localités à peu près vides. Sur un point, le parasite peut exterminer une petite colonie de l'hôte; sur un autre, être presque absent. Donc, étant donné que dans l'ensemble, pour la région envahie, l'accroissement de la proportion d'hôtes parasités est très lent, une étude génération par génération, même très soignée, peut amener un observateur à croire que le parasite ne sera jamais un agent efficace, dans la lutte contre l'hôte. Il est probable que, bon an, mal an, la marche du phénomène correspond assez bien, dans beaucoup de cas, aux données théoriques. Toutefois, par l'effet de facteurs dont l'influence est limitée ou passagère, la régularité du processus peut être masquée jusqu'au moment où la fin du cycle parasitaire s'approche.

Nous pouvons donc admettre, toutes choses égales d'ailleurs, que l'établissement d'un parasite dans une région donnée peut très bien ne pas donner de résultats nets pendant une longue période, sans que l'on soit en droit de conclure pour cela à l'inefficacité du parasite, qui peut mettre un temps considérable à atteindre son but et finir, quand même, par anéantir son hôte.

De même, une étude entreprise sur l'effet exercé par un parasite donné sur un hôte donné, si elle n'est pas poursuivie avec soin pendant un temps assez long, peut nous amener à croire que le parasite ne fait qu'éliminer à chaque génération une proportion faible mais, en moyenne, fixe, de l'hôte, sans jamais arriver à l'anéantir. On aurait tort pourtant de conclure dans ce cas que le parasitisme n'est pas cyclique; il l'est bien, en réalité, mais avec un cycle se déroulant en une très longue période.

MICROBIOLOGIE. — *Une épizootie chez les chenilles de* Galleria mellonella. Note de M. S. Metalnikow, présentée par M. F. Mesnil.

Il y a plus de dix ans que j'entretiens des cultures de chenilles de *Galleria mellonella;* des milliers de ces chenilles ont passé entre mes mains et jamais jusqu'à présent je n'ai rencontré d'épizootie. Je trouvais parfois,

dans mes cultures, des chenilles malades ou mortes; j'ai même isolé les microbes provoquant cette légère maladie, mais je n'ai jamais pu reproduire une épizootie. Tous ces faits prouvent effectivement que nos chenilles possèdent des moyens de défense très puissants contre les microbes.

C'est seulement le 12 décembre 1921 qu'une véritable épidémie s'est déclarée pour la première fois dans une de mes cultures. Cette culture, une des plus riches, contenait au moins 300 à 400 chenilles.

En 24 heures toutes les chenilles moururent. Pas une seule n'avait échappé à la maladie. Parmi des centaines de chenilles mourantes et mortes, j'ai trouvé qu'il y avait deux espèces de cadavres. Les uns étaient tout à fait noirs, comme s'ils avaient été brûlés; les autres avaient conservé leur aspect normal.

En prélevant du sang chez les cadavres noirs, j'ai trouvé sur les frottis une grande quantité de bâtonnets allongés associés avec un microcoque.

Le sang des cadavres blancs, normaux, ne contenait presque pas de microbes, parfois même il paraissait stérile. Des ensemencements sur bouillon et sur gélose m'ont donné des cultures très abondantes composées de deux microbes : un grand bâtonnet et un microcoque; j'ai réussi avec beaucoup de peine à les séparer et j'ai obtenu des cultures pures des deux bactéries qui poussent bien sur gélose et encore mieux sur gélatine à la température de 25°. La température de 37° est moins favorable. Le grand bâtonnet donne sur gélose une colonie blanche très épaisse. Il liquéfie lentement la gélatine et ne coagule pas le lait. Il ne prend pas le Gram. Ce microbe produit en grande quantité des spores volumineuses qui se forment à l'une de ses extrémités.

Les micrococques poussent très bien sur gélose en donnant une colonie transparente. Ils liquéfient très vite la gélatine, coagulent le lait, et restent colorés par le Gram.

Un mélange de ces deux microbes, ajouté en quantité suffisante à la nourriture des chenilles, provoque la maladie typique (1). Les chenilles meurent en deux à trois jours. Mais je n'ai pas pu conserver très longtemps la virulence de mes cultures.

Deux à trois mois après le commencement de ces expériences, les cultures avaient sensiblement perdu leur virulence pour les chenilles. Elles ne don-

(1) Il faut prendre garde à ce que ce mélange ne se dessèche pas, car les cultures desséchées perdent leur virulenee.

naient plus, sur gélose, une couche blanche épaisse et ne produisaient plus que très peu de spores.

Bientôt les autres cultures de chenilles (que je tiens dans de grands bocaux, couverts par une toile métallique) furent atteintes par la même maladie. Mais ici, cette maladie prit plutôt une forme enzootique. Chaque jour je trouvais, dans l'une ou l'autre culture, 10 à 20 chenilles malades et mortes.

J'ai isolé la même association de microbes que celle qui avait provoqué l'épizootie. Quoique moins grave, elle épuisait sensiblement les cultures contaminées.

Pour conserver mes cultures de chenilles, j'ai dû les transporter dans un autre laboratoire.

Au mois de mars, j'ai observé dans une de mes cultures une nouvelle épizootie. Un jour, j'ai trouvé toutes mes chenilles mortes. J'ai isolé les microbes qui avaient provoqué cette maladie. C'était de nouveau une association de deux microbes : un bâtonnet et un microcoque; mais cette fois le bâtonnet se distinguait sensiblement de celui que j'avais isolé la première fois. Il était plus grand et se colorait très bien par le Gram. Il donnait aussi des spores qui se formaient au milieu du corps du microbe.

Cette association de microbes se montra beaucoup plus virulente pour les chenilles que la première culture, et, fait intéressant, elle ne s'épuisa pas et ne dégénéra pas aussi vite sur les milieux artificiels que l'avait fait la première culture. Elle donnait une maladie mortelle aux chenilles par ingestion avec la nourriture, mais elle était surtout excessivement virulente par injection.

En injectant une émulsion de microbes dans la cavité générale de l'animal, on provoquait une maladie foudroyante. La chenille infectée mourait souvent en 30 à 60 minutes. Même les microbes chauffés à 58°-60° tuaient les chenilles en 1 heure et demie à 2 heures.

Tout prouve que ces deux microbes présentent en association une culture extrêmement virulente pour les chenilles de *Galleria mellonella*.

Nous poursuivons actuellement l'étude de ces intéressants microbes qui pourront peut-être servir de moyen de lutte contre les mites des abeilles et autres insectes nuisibles.

BACTÉRIOLOGIE. — *Culture de bactéries en milieu chimiquement défini à base d'acide pyruvique. Dégradation de l'acide pyruvique.* Note (¹) de MM. **R. Cambier** et **E. Aubel**, présentée par M. Charles Richet.

Nous avons recherché au cours du présent travail d'une part, s'il est possible d'obtenir des cultures sur un milieu minéral dont la seule source de carbone est représentée par l'acide pyruvique, d'autre part, cette possibilité étant établie, quels produits de dégradation fournit l'acide qui nous occupe.

1° *Cultures en milieu synthétique.* — Le milieu type qui nous a servi avait la composition suivante :

Pyruvate de Na		20^g
AzH^4Cl		5
PO^4K^2H		1
SO^4Mg		1
H^2O	Q. S. pour	1000

Nous avons eu des résultats positifs avec les trois bacilles étudiés : bacille pyocyanique, bacille fluorescent de Flügge, colibacille. En outre, pour le bacille pyocyanique et le bacille fluorescent, il a été fait des essais de cultures parallèles sur lactate de soude. Ces essais ont été négatifs avec le bacille pyocyanique, inconstants avec le bacille de Flügge, alors qu'aucun échec n'a été enregistré avec les milieux à base de pyruvate. Ceci nous fait penser, et des recherches en cours nous diront si cette hypothèse est exacte, que, comme pour les animaux (²), l'acide pyruvique est en quelque sorte la clef de voûte du métabolisme microbien, le terme nécessaire où aboutissent, ou d'où partent les réactions complexes permettant de passer des hydrates de carbone aux graisses, des graisses aux hydrates de carbone, des acides aminés aux hydrates de carbone, etc., l'acide lactique n'étant qu'un produit

---

(¹) Séance du 19 juin 1922.

(²) Là aussi de nouvelles recherches sont nécessaires. On n'a pas de preuves directes de l'importance de l'acide pyruvique dans les processus de dégradation des hydrates de carbone, des graisses ou des acides aminés, mais seulement des présomptions étayées sur les résultats très intéressants d'Embden et ses élèves, Ringer, Dakin, etc. Nous avons entrepris, pour résoudre la question, une série d'expériences sur des rats soumis à un régime dans lequel graisses ou hydrate de carbone, ou graisses et hydrate de carbone, sont remplacés par du pyruvate de chaux.

de déchet s'accumulant dans les cultures, un corps en dehors de la ligne normale de dégradation, ne pouvant être utilisé que secondairement et, ainsi que cela résulte des expériences de Mazé et de Mazé et Ruot, après avoir été transformé en acide pyruvique.

2° *Produits de dégradation de l'acide pyruvique.* — Il existe sur ce sujet des travaux de Neuberg et de son école. On peut résumer ainsi l'ensemble des résultats acquis : les acides formés sont : acide acétique, acide formique (Neuberg et Jamakawa) non retrouvés par Karczag et Schiff qui signalent par contre les acides propionique et butyrique. On rencontre, en outre, CO^2 et H et selon Neuberg et Jamakawa un peu de méthane. Neuberg et Jamakawa puis Neuberg et Rewald ont montré en outre que le processus de dégradation des acides cétoniques par les bactéries diffère essentiellement de celui effectué par la levure. Il s'agit, dans le cas qui nous occupe, d'un processus hydratant du type :

$$R-CO-COOH+H^2O=HCOOH+RCOOH,$$

qui conduit pour l'acide pyruvique aux deux acides formique et acétique.

Nous avons opéré, soit sur le milieu synthétique indiqué plus haut (coli), soit sur bouillon de peptone additionné de 20 pour 1000 de pyruvate de Na (*proteus vulg.*) [1] et coli et dans ce cas des cultures témoins nous montraient que les produits isolés ne provenaient pas de la dégradation de la peptone. Les cultures ont été arrêtées lorsque sur une prise d'essai on avait une réaction de Simon négative. Nous avons pu mettre en évidence les acides acétique, lactique et glycolique. Le premier a été isolé dans la fraction volatile à l'état de sel de soude, les deux autres provenaient de la fraction fixe épuisée à l'éther et ont été caractérisés à l'état de sels de chaux (le lactate étant soluble dans l'alcool, le glycolate ne l'étant pas). Voici les résultats des analyses permettant l'identification des acides :

a. Acide acétique : $0^g,2241$ de sel anhydre ont donné $0^g,2121$ de SO^4Na^2, soit 86,9 pour 100 (théorie 86,5 pour 100).

b. Acide lactique : $0^g,1347$ de sel anhydre ont donné $0^g,0341$ de CaO, soit 25,3 pour 100 (théorie 25,6 pour 100), il s'agit d'acide inactif.

c. Acide glycolique : $0^g,0486$ de sel anhydre ont donné $0^g,0141$ de CaO, soit 29 pour 100 (théorie 29,4).

---

[1] La souche de *proteus* provient des collections de l'Institut Pasteur. Les autres microbes étudiés ont été isolés d'eau d'égout.

La présence d'acide acétique confirme les résultats de Neuberg et Jamakawa (¹). L'acide glycolique, que Karczag et Schiff (²) envisageaient comme un produit possible de la dégradation de l'acide pyruvique, mais qu'ils n'ont pas isolé, doit vraisemblablement son origine à une réduction :

$$CH^3CO\,COOH + 3H = CH^4 + CH^2OH\,COOH\,;$$

la présence de méthane signalée par Neuberg et Jamakawa est en faveur de cette hypothèse. Quant à l'acide lactique dont la production en faible quantité est indéniable, il a déjà été signalé par l'un de nous (³) dans les cultures de bacille pyocyanique comme pouvant être formé aux dépens de l'acide pyruvique. Il s'agit d'un processus de réduction qui, poussé jusqu'au bout, mène à l'acide propionique isolé par Karczag et Schiff et que nous avons peut-être rencontré nous-même à l'état de traces :

$$CH^3COCOOH + 2H \rightarrow CH^3CHOHCOOH + 2H \rightarrow CH^3CH^2COOH + H^2O.$$

M. L. Besnerais adresse quatre notes relatives à l'*Optique* et à la *Gravitation*.

(Renvoi à l'examen de M. D. Berthelot.)

A 16 heures trois quarts, l'Académie se forme en Comité secret.

COMITÉ SECRET.

M. Émile Picard entretient l'Académie de la prochaine réunion du Conseil international de recherches qui aura lieu, à Bruxelles, du 25 au 29 juillet prochain.

Les Membres de l'Académie qui désirent faire partie de la délégation sont invités à se faire connaître au Bureau qui est chargé aussi de solliciter le concours de savants étrangers à l'Académie.

(¹) Neuberg et Jamakawa, *Bioch. Zeit.*, t. 67, 1914, p. 90.
(²) Karczag et Schiff, *Bioch. Zeit.*, t. 70, 1915, p. 325.
(³) E. Aubel, *Thèse Faculté Sciences de Paris*, janvier 1922, p. 63.



Sont désignés dès maintenant :

Parmi les Membres de l'Académie : MM. **Émile Picard**, **Deslandres**, **A. Lacroix**, **Bonaparte**, **Baillaud**, **Lallemand**, **Moureu**, **Bourgeois**, **Flahault**, **Bazy**, **Joubin**, **Ferrié** ;

Parmi les Correspondants : M. **Bergonié** ;

Parmi les savants étrangers à l'Académie : MM. **Bellot**, **Guillaume Grandidier**, **Ch. Marie**, **E. de Martonne**, **Perrier**.

La séance est levée à 17 heures.

A. Lx.

ERRATA.

(Séance du 12 juin 1922.)

Note de M. *Maurice Lenoir*, La cinèse somatique dans la tige aérienne d'*Equisetum arvense* L. :

Page 1560, ligne 2, *au lieu de* nucléaire, *lire* nucléolaire.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

Ouvrages reçus dans les séances de mai 1922 (*suite et fin*).

Rapport relatif aux signaux horaires émis de l'Observatoire de Paris par le poste radiotélégraphique de la Tour Eiffel depuis 1910 *jusqu'à la fin de* 1919 *et aux signaux horaires émis par le poste radiotélégraphique de la Doua, à partir du* 27 *août* 1918, rédigé par B. Baillaud, avec le concours de Mmes Chandon et Michaud et de M. Pourteau. Paris, Gauthier-Villars, s. d.; 1 vol. 25cm.

Service du nivellement général de la France. Nivellement des vallées des Alpes et relevé des profils en long des cours d'eau. *Notice sur les travaux exécutés, de* 1912 *à* 1916, *pour le compte du Ministère de l'Agriculture*, par Ch. Lallemand et E. Prévost. Paris, 1916.

Service du nivellement général de la France. Nivellement des vallées des Alpes et relevé des profils en long des cours d'eau. *Notice sur les travaux exécutés en* 1917, par Ch. Lallemand et E. Prévost, Paris, 1918; 2 fasc. 25cm.

Association géodésique internationale. Rapport général sur les travaux du nivellement général de la France, de 1909 à 1912 inclus. Rapport général sur les nivellements de précision exécutés dans les cinq parties du monde. *Note sur la mesure de la précision des nivellements et projet de création d'une nouvelle catégorie de nivellements dits* de haute précision. *Note complémentaire sur l'élasticité du globe terrestre*, par Ch. Lallemand. Leyde, E.-J. Brill, 1914; 1 vol. 30cm.

La question du litre, par Ch. Lallemand. Extrait de la *Revue scientifique* du 3 juin 1914.

Notes économiques d'un métallurgiste (Extraits), par Camille Cavallier. Paris, Gauthier-Villars, 1921; 1 vol. 23cm.

Gustave Lambert. Son projet de voyage au pôle. Sa mort, par E. Doublet. Bourg, Imprimerie du *Courrier de l'Ain*, 1922; 1 fasc. 21cm. (Présenté par M. Bigourdan.)

Études de Lépidoptérologie comparée, par Charles Oberthür. Fascicule XIX, 2e Partie. Rennes, Oberthür, 1922; 1 vol. 25cm. (Présenté par M. Bouvier.)

Ouvrages reçus dans les séances de juin 1922.

La physique et la métaphysique des théories d'Einstein, par Daniel Berthelot. Paris, Payot, 1922; 1 vol. 19cm.

A propos de l'étude des machines à vapeur par le diagramme entropique. —

Tirage induit par trompe aspirante, par J. Boulvin. Extrait de l'*Association technique maritime*, session de 1920. Paris, Gauthier-Villars, 1921; 2 fasc. 28^{cm}. (Présenté par M. Bertin.)

Jules Carpentier (1851-1921) *in memoriam*. Extrait du rapport du Conseil d'administration de la Société anonyme pour l'équipement électrique des véhicules, du 14 mars 1922. Paris, 1922; 1 fasc. 33^{cm}.

Les ouvrages suivants de M. D. Zoel Garcia de Galdeano :

— *Geometria general*. Zaragoza Calixto Ariño, 1895; 1 vol. 22^{cm}.

— *Los programas de mis cursos de calculo infinitesimal*. Zaragoza, Casañal, 1910; 1 fasc. 22^{cm}.

— *Nuevo método de enseñanza matemática*. Zaragoza Casañal, 1912; 1 fasc. 22^{cm}.

— *La ciencia, la universidad y la academia*. Zaragoza Casañal, 1916; 1 fasc. 24^{cm}.

— *Suplemento a la Revista de la Sociedad matemática Española*. Tome I. Zaragoza, Casañal, 1917; 1 fasc. 24^{cm}.

— *Despedida a mis discípulos*. Zaragoza, Casañal, 1918; 1 fasc. 22^{cm}.

— *Nociones de pedagogía matemática*. Zaragoza, Casañal, 1920; 1 fasc. 22^{cm}.

Idées et théories nouvelles sur la force centrifuge, par E.-E. Marchand Bey. Livry-sur-Seine, chez l'auteur, 1922; 1 vol. 25^{cm}.

Union géodésique et géophysique internationale. Section de Géodésie. *Rapport sur les travaux du Service du nivellement général de la France de* 1912 *à* 1922, par Ch. Lallemand. Paris, Imprimerie Nationale, 1922; 1 fasc. 30^{cm}.

L'anarchie monétaire et ses conséquences économiques, par Ch. Lallemand. Paris, Gauthier-Villars, 1922; 1 fasc. 20^{cm}.

Union astronomique internationale. *Corrections des signaux horaires déterminées au Bureau international de l'heure en* 1921, par M. G. Bigourdan. Paris, Gauthier-Villars, 1922; 1 fasc. 25^{cm}.

L'astronome Lalande et la géographie, par E. Doublet. Extrait de la *Revue de géographie de Bordeaux*. Bordeaux, J. Bière, 1922; 1 fasc. 24^{cm}.

Histoire de l'Astronomie, par E. Doublet. Paris, Douin, 1922; 1 vol. 18^{cm}.

Exposition synthétique de l'origine dualiste des mondes. Cosmogonie tourbillonnaire, par Emile Belot. Paris, les Presses universitaires de France, 1922; 1 fasc. 24^{cm}. (Présenté par M. Bigourdan.)

Rayonnement et gravitation, par Félix Michaud. Paris, Gauthier-Villars, 1922; 1 fasc. 25^{cm}. (Présenté par M. D. Berthelot.)

(*A suivre.*)

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 10 JUILLET 1922.

PRÉSIDENCE DE M. ÉMILE BERTIN.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. **Emile Picard** fait hommage à l'Académie de son Livre *Discours et Mélanges*, où il a rassemblé quelques notices sur la vie et l'œuvre de divers savants, ainsi que des études sur l'histoire et la philosophie des sciences, qui n'avaient pu trouver place dans son Ouvrage : *La Science moderne et son état actuel*. On y trouvera aussi des articles et des conférences se rapportant à divers sujets qui ont préoccupé l'opinion dans ces dernières années, particulièrement pendant la guerre. Les questions scientifiques interviennent de plus en plus dans la vie sociale, et il est à désirer que le grand public ait des vues justes sur le rôle de la Science et sur ce que l'on peut attendre d'elle.

M. le **Secrétaire perpétuel** présente à l'Académie les fascicules LXII et LXIII des *Résultats des campagnes scientifiques accomplies sur son yacht*, par Albert Ier, prince souverain de Monaco : *Observations complémentaires sur les Crustacés décapodes* (abstraction faite des Carides), par **E.-L. Bouvier**; *Hexactinidés*, par **Ch. Gravier**.

ÉLECTRICITÉ. — *Sur les étalons prototypes de l'ohm international.* Note de M. **Paul Janet**.

Le Laboratoire central d'Electricité vient de terminer la comparaison des dix étalons prototypes de l'ohm international que notre regretté correspondant, M. René Benoît, a construits et étudiés avec le plus grand soin de 1908 à 1914. Ce travail de longue haleine a pu être entrepris grâce à une

subvention que la Commission des fonds Loutreuil a bien voulu nous accorder : qu'il nous soit permis de lui adresser ici nos plus vifs remercîments. M. R. Jouaust, chef de travaux au Laboratoire, a exécuté avec une grande habileté et un entier dévouement ces mesures délicates et même pénibles, car elles ont dû être toutes effectuées entre 1^h et 3^h du matin pour éviter les influences perturbatrices des courants des réseaux de traction voisins du Laboratoire. On en trouvera les résultats résumés dans une Note que j'ai l'honneur de déposer sur le bureau de l'Académie et qu'il me paraît utile de compléter par quelques détails historiques.

Au moment de la réunion de la Conférence des Unités électriques à Londres en 1908, la situation des divers pays au point de vue de la réalisation des étalons prototypes de l'ohm international était la suivante :

L'Angleterre venait de réaliser, en 1903, au National Physical Laboratory six étalons prototypes de l'ohm.

L'Allemagne, à la Physikalische Technische Reichsanstalt, avait réalisé, en 1890 et 1893, cinq résistances mercurielles dont trois de 1 ohm, une de 0,5 ohm et une de 2 ohms. Elle estimait que cette réalisation suffisait et qu'il n'y avait pas lieu pour elle de recommencer le travail.

La France possédait quatre étalons mercuriels de l'ohm ayant presque exactement la valeur de l'ohm légal; ces étalons avaient été construits en 1884 par M. René Benoît; mais ce dernier déclara à la Commission que son travail devait être repris et qu'il avait déjà entrepris la réalisation de 10 nouveaux prototypes se rapprochant autant que possible de l'ohm international. Il estimait que les progrès réalisés dans la métrologie lui permettraient d'obtenir, dans l'évaluation des dimensions géométriques des tubes, une précision plus grande que dans ses premières mesures.

Lorsque, en 1910, les représentants des différents Laboratoires, parmi lesquels figurait le Laboratoire central d'Électricité, se réunirent à Washington pour faire l'étude en commun du voltamètre à argent en vue de la réalisation de l'ampère international, on prit comme étalon provisoire de l'ohm, sous le nom d'ohm de Washington, la moyenne des étalons du National Physical Laboratory et de la Reichsanstalt.

D'ailleurs, le premier de ces établissements, constatant que les étalons qu'il avait réalisés en 1903 ne remplissaient pas les conditions prescrites par la Conférence de Londres, annonçait son intention de recommencer ce travail.

Depuis cette époque, la plupart des Laboratoires étrangers ont construit des prototypes mercuriels de l'ohm international.

L'Angleterre, en 1913, avait réalisé 15 étalons mercuriels, dont 5 étaient destinés au Japon.

Aux États-Unis, le Bureau of Standards réalisait également un certain nombre d'ohms mercuriels qui, d'après certaines comparaisons effectuées par l'intermédiaire d'ohms métalliques, ne différaient que 7 millionièmes des nouveaux prototypes anglais.

Pendant ce temps, M. René Benoît continuait son travail, et si les résultats n'en sont communiqués qu'aujourd'hui, c'est la conséquence des tragiques événements qui, pendant plusieurs années, ont bouleversé notre vie nationale.

Il ne faut pas oublier d'ailleurs que ce n'est pas à titre officiel, comme directeur du Bureau international des Poids et Mesures, mais à titre purement officieux, que M. René Benoît avait entrepris ces études qui ne rentraient pas dans les attributions normales du Bureau. On sait que cette regrettable lacune vient d'être comblée par la dernière Conférence internationale qui s'est tenue à Paris au mois de septembre dernier, et que désormais, sous l'habile direction de notre correspondant, M. Ch.-Ed. Guillaume, le Bureau de Breteuil pourra officiellement prendre en main les études destinées à amener l'unification des mesures électriques internationales.

M. René Benoît ne consacra donc à ce travail que les rares instants de liberté que lui laissait une lourde direction, et ne disposa d'aucun crédit pour ce travail; ce fut la Société française des Électriciens qui lui fournit les fonds nécessaires pour le montage définitif des ohms.

Les tubes utilisés par M. R. Benoît ont été choisis par lui entre un nombre considérable d'échantillons; ces tubes n'étant pas parfaitement rectilignes, il a dû commencer par les redresser au moyen d'un procédé spécial, imaginé par lui. Ils furent alors divisés en parties d'égale longueur avec la plus extrême précision, puis M. Benoît procéda avec un soin particulier à leur calibrage et détermina les points où ces tubes devaient être coupés pour avoir aussi exactement que possible la valeur de 1 ohm international.

La longueur des tubes ainsi coupés fut mesurée par la méthode d'Airy. Dans toutes ces mesures, M. Benoît fut assisté avec une grande habileté par MM. Maudet et Pérard, du Bureau international des Poids et Mesures.

Les ohms ainsi préparés furent apportés au Laboratoire central d'Électricité où une installation spéciale avait été disposée pour l'obtention de mercure pur distillé dans le vide. Les tubes furent soigneusement nettoyés et montés sous la direction de M. Benoît; le remplissage dans le vide était

terminé et les ohms prêts pour les mesures électriques quand la guerre éclata.

Des précautions spéciales furent alors prises pour protéger ces précieux tubes pendant les différents bombardements auxquels Paris fut soumis. L'étude ne put en être reprise qu'à la fin de 1919. Toujours sous la direction de M. Benoît, ils furent vidés, nettoyés et de nouveau remplis. Nous n'insisterons pas sur la difficulté de ces opérations où la moindre fausse manœuvre peut détruire un travail de longues années. Les comparaisons électriques purent être commencées en juin 1920. Un des tubes ayant subi pendant le montage un léger accident (qui d'ailleurs ne le rend pas inutilisable), il restait neuf tubes à comparer deux à deux, c'est-à-dire 36 opérations. C'est cette longue série de mesures qui vient d'être terminée et dont on trouvera plus loin les résultats. On verra que, si l'on met de côté l'un des tubes dont la courbe de calibrage présente des anomalies, les différences, pour les huit tubes restants, entre les valeurs mesurées par les méthodes électriques et les valeurs déduites des dimensions géométriques, n'excède pas quelques cent-millièmes : la moyenne des valeurs absolues des écarts est de $1,9.10^{-5}$. Ces résultats suffisent pour montrer la haute valeur du travail de M. Benoît.

Nous pouvons ajouter que, en dehors de ces étalons, M. Benoît a étudié au Pavillon de Breteuil, en collaboration avec M. Georgievski, représentant de la Chambre des Poids et Mesures de Russie, six étalons prototypes pour la Russie. Les premiers résultats de ce travail sont contenus dans une brochure datée de 1918 et qui, par suite des événements, n'est venue que récemment à notre connaissance.

M. **H. Lecomte** dépose pour la Bibliothèque de l'Institut un Ouvrage qu'il vient de publier et qui a pour titre : *Les bois de la forêt d'Analamazaotra* (côte Est de Madagascar).

Ce travail comprend l'étude de plus de 100 bois appartenant à 82 genres différents et à 48 familles.

La structure de 64 de ces bois est représentée par 128 microphotographies formant 32 planches et comportant pour chaque bois une section transversale et une section longitudinale tangentielle au grossissement uniforme de 30 diamètres.

L'Ouvrage comprend en outre 24 planches de documentation botanique correspondant à 42 des espèces étudiées.

Les bois, au nombre de 160, ont été reçus de Madagascar avec les éléments nécessaires pour en assurer l'exacte détermination.

A titre de complément aux renseignements fournis dans ce travail sur la couleur des bois, M. H. Lecomte présente à l'Académie des positifs photographiques obtenus en exposant au soleil, sous un négatif, des lamelles découpées dans un bois d'Indochine fourni par des arbres du genre *Sindora* de la famille des Légumineuses.

ÉLECTIONS.

Par la majorité absolue des suffrages, M. **Quénu**, Membre de la Section de Médecine et Chirurgie; M. **Bouvier**, Membre de la Section d'Anatomie et Zoologie; M. **Th. Schlœsing**, Membre de la Section d'Économie rurale; M. **Guignard**, Membre de la Section de Botanique; MM. **Émile Picard**, **Violle**, **Haller**, **A. Lacroix** sont réélus Membres de la *Commission technique de la Caisse des recherches scientifiques*.

NOMINATIONS.

Sont désignés pour faire partie de la délégation française à l'assemblée du Conseil international de recherches, qui aura lieu, à Bruxelles, du 25 au 29 juillet prochain (deuxième liste) :

Parmi les Membres de l'Académie : MM. **Ch. Gravier**, **Maurice Leblanc**;

Parmi les Correspondants : M. **Mathias**;

Parmi les Savants étrangers à l'Académie : MM. **Abraham**, **Barrère**, **Louis Bazy**, **De Broglie**, **J. Brunhes**, **A. Cotton**, **Demangeon**, **Desnos**, **Fauré-Frémiet**, **Gallois**, **Emmanuel de Margerie**, **Siredey**, **Thibierge**, **Tuffier**, **Walther**, **De Watteville**.

CORRESPONDANCE.

MM. **Amé Pictet** et **Albert Recoura**, élus Correspondants pour la Section de Chimie, adressent des remercîments à l'Académie.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° Th. Moreux. *Pour comprendre Einstein!*

2° *Cours de Chimie (Métaux et Cations)*, par Marcel Boll et Georges Allard. (Présenté par M. G. Urbain.)

3° A. Gruvel. *En Norvège. L'industrie des pêches.* (Présenté par M. Joubin.)

4° L. Rémy. *Les bases scientifiques de la pédagogie et de la méthodologie.* Volume I : *Les fonctions de la vie végétative, de la vie animale et de la vie psychique chez les êtres vivants.*

GÉOMÉTRIE. — *Sur un théorème fondamental de M. H. Weyl dans la théorie de l'espace métrique.* Note de M. **E. Cartan**, présentée par M. Émile Borel.

Dans la dernière édition de son Ouvrage : *Raum, Zeit, Materie* (¹), M. Hermann Weyl cherche, par des considérations tirées de la théorie des groupes, à démontrer la nécessité de l'emploi d'une forme quadratique comme forme métrique fondamentale dans la Géométrie différentielle, considérée comme la base de l'étude de l'Univers physique (²).

Admettant *a priori* que l'espace est à connexion affine (et sans torsion), M. H. Weyl caractérise, au moyen de deux axiomes, ce qu'il appelle le « groupe des rotations en un point », groupe qui conserve les volumes; il démontre que, pour $n = 2$ et $n = 3$, le seul groupe satisfaisant à ces deux axiomes est le groupe des rotations euclidiennes, et il regarde comme vraisemblable la validité de cette propriété pour toutes les valeurs de n.

Ce problème a une grande portée philosophique. Le théorème de M. H. Weyl peut être effectivement démontré, pour n quelconque, en s'appuyant sur les résultats que j'ai obtenus dans deux Mémoires (³) consacrés à la détermination de tous les groupes linéaires qui ne laissent invariante aucune multiplicité plane.

Le problème peut être formulé analytiquement de la manière suivante. Soit G un groupe affine transitif conservant les volumes, à n variables et $n+r$ paramètres, défini par exemple au moyen des $n+r$ transforma-

(¹) Traduction française de Gustave Juvet et Robert Leroy sous le titre : *Temps, espace, matière*. Paris, Albert Blanchard, 1922.

(²) Chapitre II, § 18, p. 119-128 de la traduction française.

(³) *Bull. Soc. math.*, t. 41, 1913, et *Journal de Math.*, 6ᵉ série, t. 10, 1914.

tions infinitésimales

$$(1)\quad Y_i f = \frac{\partial f}{\partial x_i} \quad (i = 1, 2, \ldots, n), \qquad X_s f = \sum_{i,j}^{1,\ldots,n} a_{ijs} x_i \frac{\partial f}{\partial x_j} \quad (s = 1, \ldots, r),$$

où les a_{ijs} sont des constantes. Attachons à chaque point de l'espace un système de référence cartésien *arbitraire*, tel cependant que tous ces systèmes de référence soient congruents entre eux vis-à-vis du groupe. Ils dépendent de $n + r$ paramètres, à savoir les n coordonnées x_i de l'origine et r autres paramètres u_k définissant l'orientation du système. Soient ω_i les composantes suivant les axes mobiles du déplacement infiniment petit de l'origine du système de référence quand on fait varier infiniment peu les x_i et les u_k. Les ω_i sont des expressions de Pfaff linéaires en $dx_1, \ldots, dx_n$, dont les covariants bilinéaires sont de la forme

$$(2)\qquad \omega'_j = \sum_{i=1}^{i=n} \sum_{s=1}^{s=r} a_{ijs}[\omega_i \varpi_s] \qquad (j = 1, 2, \ldots, n);$$

les a_{ijs} sont les mêmes constantes que dans les formules (1) et les ϖ_s sont r expressions de Pfaff linéaires en dx_i et du_k (ce sont les composantes de la rotation instantanée du système de référence).

Cela posé, les axiomes de M. H. Weyl peuvent être formulés analytiquement de la manière suivante :

Il est possible, d'une manière et d'une seule, de choisir pour les ϖ_s des formes linéaires en $\omega_1, \ldots, \omega_n$ telles que les seconds membres des équations (2) deviennent des formes quadratiques (extérieures) arbitraires Ω_j en $\omega_1, \ldots, \omega_n$.

En partant de là, on démontre immédiatement, comme le fait du reste M. H. Weyl, que l'ordre r du sous-groupe g des rotations en un point est égal à $\frac{n(n-1)}{2}$. Pour démontrer alors que g est semblable au groupe des rotations euclidiennes, on peut procéder de la manière suivante :

I. *Le sous-groupe g des rotations en un point ne laisse invariante aucune multiplicité plane passant par ce point.* Sinon, en effet, on pourrait toujours supposer que cette multiplicité a pour équations

$$x_1 = x_2 = \ldots = x_\nu = 0 \qquad (\nu < n);$$

les constantes a_{ijs} seraient toutes nulles pour $j \leqq \nu$, $i > \nu$; les seconds membres des ν premières équations (2) ne pourraient alors être égalées à des formes Ω_j arbitraires que si l'on avait $\nu = n - 1$, $r \geqq (n-1)^2$, inégalité incompatible avec la valeur $r = \frac{n(n-1)}{2}$, du moins si $n > 2$. Le cas $n = 2$

peut être laissé de côté : il se traite directement avec la plus grande facilité.

II. Il résulte de ce qui précède que g *est simple ou semi-simple* (¹).

Supposons-le d'abord *simple*. J'ai déterminé dans ma Thèse (²) le nombre minimum de variables d'un groupe linéaire simple de structure donnée ne laissant invariante aucune multiplicité plane. La condition $r = \frac{n(n-1)}{2}$ exclut d'emblée les groupes des types E), F), G). Les cas des types B) et D) donnent précisément les groupes des rotations euclidiennes. Reste donc à examiner les types A) et C).

Tout groupe linéaire du type A est isomorphe au groupe linéaire et homogène spécial à $p > 2$ variables avec $r = p^2 - 1$. Les cas $p = 2$ et $p = 4$ peuvent être traités directement, les groupes pouvant du reste être considérés comme du type B) ou D); le cas $p = 3$ s'exclut de lui-même, la valeur $r = 9 - 1 = 8$ n'étant pas de la forme $\frac{n(n-1)}{2}$. Si enfin $p \geqq 5$, les résultats obtenus dans les Mémoires cités plus haut montrent immédiatement qu'on a $n = p$ ou $n \geqq \frac{p(p-1)}{2}$. Dans le premier cas r est *supérieur*, dans le second cas il est *inférieur* à $\frac{n(n-1)}{2}$.

Tout groupe g du type C) est à $r = p(2p+1)$ paramètres; l'égalité $r = \frac{n(n-1)}{2}$ exige donc $n = 2p + 1$. Or on a soit $n = 2p$, soit $n \geqq 2p^2 - p - 1$: les deux cas sont impossibles.

Le cas des groupes *simples* étant ainsi traité, celui des groupes *semi-simples* se traite aussi facilement. J'ai démontré en effet (*Bull. Soc. math.*, *loc. cit.*) qu'on avait pour n et r les valeurs

$$n = n_1 n_2 \ldots n_h, \qquad r = r_1 + r_2 + \ldots + r_h,$$

les entiers $n_1, n_2, \ldots, n_h$, tous supérieurs à 1, représentant les nombres de variables de h groupes linéaires simples ne laissant invariante aucune multiplicité plane et d'ordres respectifs $r_1, r_2, \ldots, r_h$. L'inégalité, facile à démontrer,

$$\frac{n_1 n_2 \ldots n_h(n_1 n_2 \ldots n_h - 1)}{2} > (n_1^2 - 1) + (n_2^2 - 1) + \ldots + (n_h^2 - 1)$$

entraîne immédiatement *a fortiori*

$$\frac{n(n-1)}{2} > r.$$

(¹) E. Cartan, *Ann. Éc. Norm.*, 3e série, t. 26, 1909, p. 147.

(²) Paris, Nony, 1894, p. 147.

Il y a exception dans le seul cas $h = 2$, $n_1 = n_2 = 2$, $r_1 = r_2 = 3$, qui donne le groupe des rotations euclidiennes dans l'espace à quatre dimensions.

Le théorème de M. Weyl est ainsi complètement démontré. Il est vrai aussi bien dans le domaine réel que dans le domaine complexe.

Si on laissait tomber le second axiome de M. H. Weyl, trois catégories nouvelles de groupes g, et trois seulement, deviendraient possibles, d'ordres respectifs $\frac{n(n+1)}{2}$ (n pair $\geqq 4$), $n(n-1)$ et n^2-1.

ARITHMÉTIQUE. — *Groupes abéliens finis.* Note de M. **A. Châtelet**.

Dans leur Mémoire fondamental de 1878 sur les groupes abéliens finis ([1]), MM. Frobenius et Stickelberger ont signalé les relations de cette théorie avec celle des formes bilinéaires arithmétiques et ils ont utilisé ces relations pour établir l'existence d'une base normale ou réduite d'un groupe, déjà reconnue avant eux par Schering et Kronecker. Il ne semble pas que ce rapprochement des deux théories ait été utilisé depuis; il est cependant fécond en suggestions et il permet en particulier de poser méthodiquement, et même de résoudre pratiquement certains problèmes, encore peu précisés, comme la recherche des sous-groupes, et l'étude du groupe des automorphismes. Je voudrais signaler ici quelques-uns des résultats que j'ai pu obtenir dans cette voie : au lieu des notations des formes bilinéaires, j'ai employé de préférence celle des matrices et des modules de points ([2]).

1. Un groupe abélien fini peut être construit par « multiplication » à partir d'un certain nombre de ses éléments : $A_1, \ldots, A_h$. Tout autre élément est de la forme

$$B = A_1^{x_1} A_2^{x_2}, \ldots, A_h^{x_h},$$

les exposants x_i sont des entiers, mais la représentation des B est ainsi possible d'une infinité de façons. On peut caractériser cette indétermination en considérant les x_i comme les coordonnées d'un point M dans un espace à h dimensions; ce point M n'est alors défini qu'à une congruence près, relativement à un certain module de points entiers $\mathfrak{P}$, ayant pour base un tableau P (de h lignes et colonnes); en particulier, si M est dans $\mathfrak{P}$,

---

([1]) *J. reine angew. Math.*, n° 86.

([2]) Notation utilisée déjà dans mes *Leçons sur la Théorie des nombres* et diverses Notes aux *Comptes rendus* (1912-1914).

B est égal à l'élément unité. Ordinairement on choisit les A (base normale ou réduite du groupe) de façon que chaque entier x_i soit défini respectivement à un module entier p_i près; le tableau B est alors un *système simple*, c'est-à-dire à termes tous nuls, sauf ceux de la diagonale principale égaux aux p_i (¹).

2. La recherche des automorphies d'un groupe ainsi défini, c'est-à-dire de ses isomorphies holoédriques avec lui-même, revient à la recherche des tableaux T, définis à l'addition près d'un tableau E.P (E à termes entiers); tels que $P.T.P^{-1}$ soit à termes entiers; enfin *premiers à droite* avec P (c'est-à-dire tels qu'il existe des tableaux entiers U et V vérifiant l'égalité $U.T + V.P = 1$). Ces tableaux T forment un groupe, relativement à la multiplication ordinaire des tableaux, et à leur produit correspond la composition des automorphismes.

En outre, si dans la définition des T, on supprime la dernière condition, on obtient un corps d'un nombre fini d'éléments (renfermant le produit et aussi la somme de deux d'entre eux). Les éléments de ce corps correspondent alors aux isomorphismes du groupe, soit holoédriques avec lui-même, soit mériédriques avec un de ses sous-groupes. La question des *automorphismes* se trouve ainsi ramenée à celle des *corps non abéliens d'un nombre fini d'éléments* (²). Les automorphismes proprement dit sont les éléments non diviseurs de zéro.

3. Les sous-groupes correspondent à la décomposition en produit du tableau $P = Q.R$, et ceci donne pour la recherche des sous-groupes un mode opératoire précis et simple. On peut d'ailleurs voir à quoi tient la difficulté de la question, quand on n'introduit pas les tableaux. C'est que, pour la recherche des décompositions précédentes, on peut toujours supposer P sous forme réduite (groupe rapporté à une base réduite), tandis qu'il n'en est plus nécessairement de même de Q et R. Autrement dit, pour chercher simplement les sous-groupes, il ne faut pas les chercher rapportés nécessairement à des bases réduites.

4. Les systèmes de caractères de Weber s'obtiennent en prenant pour exposant d'une racine convenable de l'unité la forme bilinéaire associée au tableau :

$$P_1 = P^{-1} \times \text{déterminant de } P.$$

(¹) Je n'insiste pas sur l'existence d'un tel système d'éléments qui correspond précisément aux points étudiés par Frobenius et Stickelberger.

(²) Je rappelle que ce groupe des automorphismes comprend comme cas particulier le *groupe linéaire* de Jordan.

Enfin, si deux groupes G et G' sont définis par les tableaux P et P', on constitue un troisième groupe Γ, ayant G et G' pour sous-groupes réciproques, en le définissant par le tableau *composé* :

$$\left\|\begin{array}{c:c} P & O \\ \hdashline T & P' \end{array}\right\|$$

(T, tableau quelconque, entier).

Pour $T = 0$, Γ est le *produit direct* de G et G' et l'on peut ainsi étudier les sous-groupes de ce produit qui interviennent dans la notion de « composition de deux corps algébriques abéliens », notion qui correspond au produit des résolvantes de Lagrange et que j'ai eu l'occasion d'indiquer antérieurement ([1]).

ASTRONOMIE PHYSIQUE. — *Observations du Soleil, faites à l'observatoire de Lyon, pendant le premier trimestre de* 1922. Note ([2]) de M. J. **Guillaume**, présentée par M. B. Baillaud.

Les observations faites dans ce trimestre ([3]) se répartissent sur 74 jours, et l'on en déduit les principaux faits que voici :

Taches. — Par rapport aux résultats du trimestre précédent ([4]), le nombre des groupes a presque doublé, mais l'aire totale tachée a augmenté de deux cinquièmes seulement : on a, en effet, 32 groupes au lieu de 19 et 3461 millionièmes au lieu de 2470.

La répartition de cette augmentation du nombre des groupes est de huit (14 au lieu de 6) dans l'hémisphère austral, et de cinq (18 au lieu de 13) dans l'autre hémisphère.

La latitude moyenne de l'ensemble s'est relevée : $-9°,7$ et $+9°,5$ au lieu $-6°,8$ et $+8°,5$.

Les 3ᵉ, 4ᵉ et 5ᵉ groupes du Tableau du mois de mars, à $+10°$, $+10°$ et $+12°$ de latitude, ont été visibles à l'œil nu ; il y en avait eu quatre précédemment.

D'autre part, on a noté 9 jours sans taches, au lieu de 18, soit un nombre proportionnel de 0,12 au lieu de 0,24.

Régions d'activité. — Les facules ont continué à diminuer : on a, effectivement, 57 groupes au lieu de 77, et une surface totale de 49,4 millièmes au lieu de 52,1.

Dans sa répartition de part et d'autre de l'équateur, la diminution est de sept groupes au sud (27 au lieu de 34) et de treize au nord (30 au lieu de 43).

([1]) *Comptes rendus*, t. 171, 1920, p. 658.

([2]) Séance du 3 juillet 1922.

([3]) Avec l'aide de Mˡˡᵉ Bloch.

([4]) Voir *Comptes rendus*, t. 174, 1922, p. 1005.

Tableau I. — *Taches.*

Dates extrêmes d'observ.	Nombre d'observations.	Pass. au mér. central.	Latitudes moyennes. S.	Latitudes moyennes. N.	Surfaces moyennes réduites.
		Janvier 1922. — 0,29.			
3- 7	5	2,7	— 9		23
7-10	3	7,6		+10	9
9	1	8,3	—17		17
5-15	10	10,4		+ 8	32
13	1	12,0	—11		73
9-12	4	14,1		+10	30
12-23	9	17,6	— 6		105
21	1	19,9	— 8		9
	24 j.		—10°,2	+ 9°,3	
		Février. — 0,04.			
6	1	1,7		+ 9	7
1- 4	3	2,9	— 7		5
4	1	3,6	— 9		3
6	1	7,0		+ 9	13
6- 7	2	7,5	—12		18
7-14	7	8,7		+10	287
7-19	11	13,4	— 6		227
19- 2	11	24,8	— 6		79
28	1	27,1	— 9		3
		Février (suite).			
26- 3	6	28,7		+ 8	56
	24 j.		— 8°,2	+ 9°,0	
		Mars. — 0,04			
25- 5	9	1,7		+11	160
24- 2	7	2,0		+15	57
26- 7	10	2,2		+10	552
25- 8	12	3,0		+10	251
1-12	11	7,1		+12	707
11-14	3	9,1	—19		55
6-16	9	12,1	— 5		328
10	1	12,4		+ 7	10
10-18	8	13,0		+ 9	131
17-19	3	14,8	—12		29
25-31	7	28,2		+10	17
24- 3	11	28,9		+ 9	115
24- 2	10	30,4		+ 9	32
27-28	2	31,2		+ 3	21
	26 j.		—12°,0	+9°,5	

Tableau II. — *Distribution des taches en latitude.*

1922.	Sud. 90° 40°	40° 30°	30° 20°	20° 10°	10° 0°	Somme.	Nord. Somme.	0° 10°	10° 20°	20° 30°	30° 40°	40° 90°	Totaux mensuels.	Surfaces totales réduites.
Janvier......	»	»	»	2	3	5	3	3	»	»	»	»	8	298
Février......	»	»	»	1	5	6	4	4	»	»	»	»	10	698
Mars........	»	»	»	2	1	3	11	8	3	»	»	»	14	2465
Totaux...	»	»	»	5	9	14	18	15	3	»	»	»	32	3461

Tableau III. — *Distribution des facules en latitude.*

1922.	Sud. 90° 40°	40° 30°	30° 20°	20° 10°	10° 0°	Somme.	Nord. Somme.	0° 10°	10° 20°	20° 30°	30° 40°	40° 90°	Totaux mensuels.	Surfaces totales réduites.
Janvier......	1	»	»	1	5	7	10	5	5	»	»	»	17	12,4
Février.....	2	1	»	1	5	9	9	4	5	»	»	»	18	12,8
Mars........	4	»	1	3	3	11	11	7	3	1	»	»	22	24,2
Totaux....	7	1	1	5	13	27	30	16	13	1	»	»	57	49,4

ASTRONOMIE PHYSIQUE. — *Les oscillations des raies spectrales des étoiles doubles expliquées par la loi nouvelle de projection de l'énergie de la lumière.* Note de M. G. **Sagnac**, présentée par M. Daniel Berthelot.

Dans une Note antérieure (¹), relative au problème des oscillations périodiques des raies de l'astre brillant d'une étoile double à petite période, nous avons déduit de notre théorie de la projection de l'énergie, une méthode immédiate de calcul de ces variations généralement dissymétriques et restées inexpliquées jusqu'ici, même avec l'aide d'une hypothèse d'éclipse. Notre méthode est complètement indépendante des variations réelles de l'éclat et, en particulier, des éclipses.

Le déplacement caractéristique ε, dû à la projection de l'élément de lumière émis au moment où la vitesse radiale totale de l'astre isolé par la raie étudiée λ était à *son maximum vers le Soleil*, se calcule à partir de la durée du temps de lumière T de l'astre par rapport au Soleil, en corrigeant le déplacement spectral observé de la partie réellement due à la vitesse radiale de la Terre relativement au centre de gravité du couple d'astres.

Soit l'exemple de *y Sagittaire, étoile Céphéide*, où la dissymétrie de l'oscillation $\delta\lambda$ de la raie observée est à sa plus grande valeur parmi les diverses étoiles doubles. La période P est une durée de 5,77 jours. L'éclat de l'astre brillant, seul observable sur la Terre, et sa courbe de variation, donnent le temps de lumière moyen par le centre de gravité de l'aire qui s'appuie sur la courbe et s'élève au-dessus de la droite horizontale des deux minimums d'éclat qui sont les limites de la période P. En cherchant pour l'éclat du centre de gravité de cette aire le temps de lumière du tableau bien connu qui le fait correspondre à l'éclat, on trouve 136 ans de lumière pour la valeur de T.

Pendant le grand nombre de périodes P que renferme ce temps, la projection de l'énergie s'exerce continuement par le *retard* ou l'*avance* qu'elle imprime au *temps* T. Il est évident, d'après la loi d'*inertie de l'énergie* et notre théorie nouvelle des deux mécaniques liées de la lumière, que la Dynamique de cette lumière conduit à une augmentation relative $\frac{\delta c}{C}$ de la vitesse relative de propagation de cette énergie par rapport au Soleil, et $\frac{\delta\lambda}{\lambda}$ est le rapport exactement correspondant que détermine l'observation au spectroscope.

(¹) *Comptes rendus*, t. 174, 1922, p. 376.

Alors le nombre $\frac{T}{P}$ de périodes effectuées par l'étoile pendant les $\frac{T}{P}$ périodes de la propagation de l'astre au Soleil correspond à l'altération relative totale de T égale à la petite fraction $\frac{\delta\lambda}{\lambda}$ que l'observateur doit prévoir pour l'étendue d'une période P seulement. Ce sera donc $\frac{\delta\lambda}{\lambda}\frac{T}{P}$ qui déterminera, dans chaque cas, le glissement z en fraction de la période P par cette formule simple, où la puissance de la *méthode de la projection de la lumière* est due au très grand multiplicateur $\frac{T}{P}$. Cette loi nouvelle, notre théorie des deux mécaniques l'associe aux lois de la variation de l'onde $\frac{\delta\lambda}{\lambda}$ qui marque le déplacement précis de la raie λ et mesure le rapport radial $\frac{\delta v}{C}$ de la vitesse radiale vers le Soleil, à l'instant du départ, comparée à la vitesse C de la lumière dans le vide. La variation $\frac{\delta\lambda}{\lambda}$ prévue par Fizeau révèle ainsi le rapport $\frac{\delta v}{C}$ caractéristique de la vitesse relative radiale de l'astre à l'instant du départ de l'élément d'énergie et l'observateur a devant lui l'origine du mécanisme qui lie la variation $\delta\lambda$ de l'onde altérée par l'émission à la variation relative correspondante de la vitesse de l'énergie.

Les deux effets de cette seule vitesse radiale sur la longueur d'onde et sur la vitesse de l'énergie lumineuse sont ainsi associés. L'observateur qui a noté $\delta\lambda$ et le glissement total de l'énergie qui correspond à la vitesse δv ou $C\frac{\delta\lambda}{\lambda}$ de projection remarquera que l'effet de Fizeau $\delta\lambda$ est un déplacement géométrique de la raie, tandis que z est, en fraction de la période P d'oscillation de l'étoile, une durée de propagation supplémentaire ou déficitaire par rapport à l'invariable temps de lumière T.

Dans l'exemple choisi, il ne se produit qu'*un seul maximum* d'écart $\delta\lambda$ pendant la période P de l'oscillation de cette raie, identique à celle de l'éclat. Une différence très notable se montre ici entre le spectroscope et le photomètre par la différence des deux durées qui séparent le maximum d'éclat et le maximum de $\delta\lambda$. Seul $\delta\lambda$ caractérise la propagation de l'énergie de la lumière et permet de le calculer. Nous avons trouvé pour le glissement z de cette énergie, qui est ici une diminution de T, que le produit de $\frac{\delta\lambda}{\lambda}$ observé au maximum d'écart se réalise un temps $\frac{\delta\lambda}{\lambda}\times\frac{136\times365}{5,77}$ au delà de $\frac{T}{P}$, valeur de z ou glissement rapporté à la valeur de la période.

D'après la formule précédente, cette valeur du glissement z est égale à 1,03.

La valeur correspondante de l'ascension de la courbe qui va du zéro de $\delta\lambda$ et de $\delta\nu$ à la valeur maximum de $\delta\lambda$ est 0,47.

Les observations spectrales ont donné 0,477.

L'accord du nombre calculé avec le nombre observé est une confirmation frappante de notre théorie nouvelle de la lumière.

PHYSIQUE. — *La Relativité générale et la Voie lactée.* Note (1) de M. E.-M. LÉMERAY, transmise par M. L. Lecornu.

D'après l'opinion la plus répandue, la Voie lactée est un amas stellaire ayant une forme à peu près lenticulaire; le système solaire est peu distant du centre. Pour certains astronomes, les nébuleuses sont étrangères à la Voie lactée; d'après d'autres, Proctor, Seliger, ..., elles ne sont pas, en moyenne, plus éloignées que les étoiles : leur nombre va croissant vers les pôles de la Voie lactée.

Nous nous proposons de montrer que la théorie de la relativité conduit à envisager comme possible une tout autre structure du monde stellaire; nous laisserons d'abord de côté les nébuleuses.

Considérons, en premier lieu, un amas globulaire de rayon a et, en première approximation, de densité moyenne ∂ constante. Pour un observateur placé au centre, la répartition des étoiles sera uniforme. Pour un autre et dans les idées anciennes sur la lumière, il y aura *un maximum dans la direction du centre, et un minimum dans la direction contraire.* D'après la Relativité générale, les rayons lumineux sont courbes et il y a lieu d'examiner les conséquences de cette courbure.

Dans cet espace et assez loin de toute étoile, nous prendrons pour élément de ligne l'expression

$$ds^2 = V^2(1+\omega\rho^2)\,dt^2 - \frac{d\rho^2}{1+\omega\rho^2} - \rho^2\,d\varphi^2,$$

V est une constante de la nature d'une vitesse; ρ et φ désignent le rayon vecteur d'une étoile de l'amas, et l'angle à partir d'une direction fixe, avec

(1) Séance du 26 juin 1922.

$\varphi = 0$ pour $t = 0$. En outre,

$$\omega = \frac{4}{3}\pi f \partial;$$

f, constante de Newton, $= 0,66.10^{-7}$. De l'expression du ds^2, on tire les équations de la trajectoire :

$$\rho \sin\varphi = \frac{1}{D}\sqrt{1+\omega r^2}\, R \sin u, \qquad \rho \cos\varphi = \frac{1}{D}\sqrt{1+\omega R^2}\, r \cos u,$$
$$D^2 = (1+\omega R^2)\cos^2 u + (1+\omega r^2)\sin^2 u, \qquad u = \sqrt{\omega}\, V t,$$

R et r, distances apocentrique et péricentrique : $\varphi = 0$ pour $\rho = r$.

La trajectoire est une ellipse, la même que dans la théorie de Newton ; la période est la même aussi :

$$T = \sqrt{\frac{3\pi}{f\partial}};$$

mais la variation des coordonnées ρ et φ en fonction du temps n'est pas la même que dans la théorie de Newton, ainsi que le montrent les équations. Ces lois ne sont valables que si l'étoile a, à son péricentre, une vitesse assez faible pour ne pas sortir de l'amas : la lumière en peut sortir et nous rend l'amas visible.

Considérons maintenant un univers stellaire différant de l'amas précédent par la grandeur de son diamètre, par sa densité et tel que la lumière intérieure puisse atteindre la périphérie, mais ne puisse la franchir. Tous les rayons lumineux sont, aux irrégularités locales près, des ellipses de même distance apocentrique a et de distance péricentrique r variable de l'un à l'autre. Dans le cas extrême d'un rayon circulaire, on trouve pour son carré de vitesse

$$v^2 = V^2 \omega a^2.$$

Si V désigne la vitesse limite, on a $\omega a^2 = 1$, d'où

$$a^2 = \frac{3V^2}{4\pi f \partial},$$

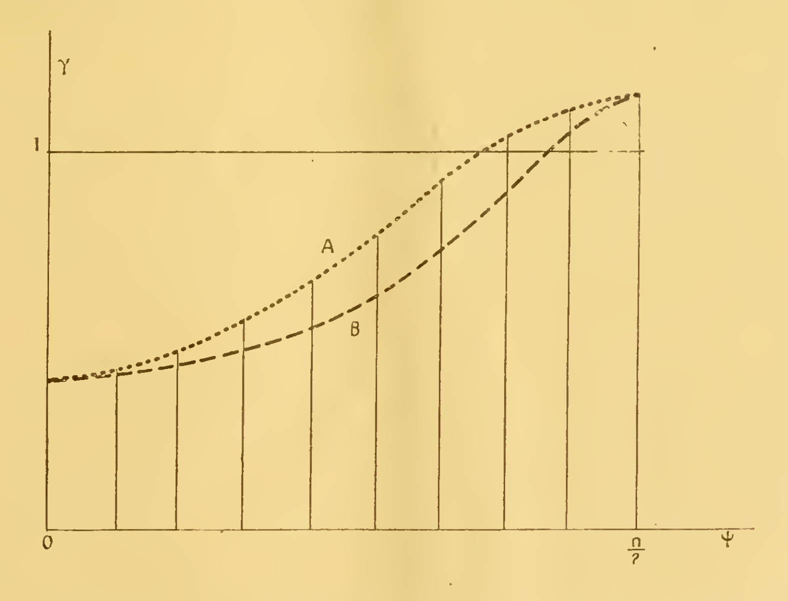
relation analogue à celle de M. Einstein. Ainsi que plusieurs auteurs l'ont signalé, les rayons lumineux reviennent à leur point d'émission donnant lieu à des étoiles virtuelles ou fantômes; mais ces termes ne conviennent pas; comme T est une période universelle, chaque étoile se retrouve à son point de départ quand les rayons y reviennent converger. (On aurait ainsi une explication, pour ainsi dire extrême, de l'entretien de la chaleur stellaire.)

Dans ce qui précède, nous nous sommes placé au point de vue de l'observateur euclidien, situé au centre. Il faut examiner ce qui se passe pour un autre placé ailleurs. Si, dans ces conditions, nous cherchons le nombre relatif d'étoiles, vu par cet observateur, par unité d'angle solide et dans une direction faisant, avec la droite centre-observateur, l'angle ψ, *mesuré par cet observateur*, nous le trouvons proportionnel à

$$\gamma = \frac{2}{3} a^3 \frac{s^2 \sqrt{2 - s^2}\,[(2 - s^2)^2 + s^4 \operatorname{tang}^2 \psi]}{[2 - s^2 + s^2 \operatorname{tang}^2 \psi]^2 \sqrt{2 - s^2 + s^4 \operatorname{tang}^2 \psi}} (1 + \operatorname{tang}^2 \psi)^{\frac{3}{2}};$$

s est un paramètre dépendant de la position de l'observateur. Il y a un maximum pour $\psi = \frac{\pi}{2}$; deux minima pour $\psi = 0$ et π; la courbe est symétrique, *ce qui diffère complètement du cas des rayons rectilignes*. Les minima sont d'autant plus allongés et le maximum est d'autant plus aigu que l'observateur est plus distant du centre.

Ainsi *tout observateur constatera une condensation stellaire au voisinage d'un plan diamétral*.



On est conduit à se demander s'il n'y aurait pas là une explication, au moins partielle, de la Voie lactée. Sur la figure, la courbe A représente γ pour une valeur convenable du paramètre s; la courbe B représente les résultats des jaugeages stellaires (valeurs moyennes des observations des deux hémisphères dont le plan galactique constitue la séparation). Le

centre du monde stellaire serait sur la ligne des pôles galactiques sans qu'il soit possible d'indiquer de quel côté il se trouve.

La comparaison des deux courbes montre que l'accord laisse beaucoup à désirer. Cela ne peut surprendre, eu égard à la grossièreté de l'hypothèse faite, et surtout au fait que notre loi de répartition dépend d'un *seul* paramètre : s.

ÉLECTRICITÉ. — *Comparaison des étalons prototypes de l'ohm international.* Note de M. R. **Jouaust**, présentée par M. Paul Janet.

Les dix étalons prototypes de l'ohm international construits par M. René Benoît ont été comparés entre eux au Laboratoire central d'Électricité.

L'un d'eux, l'ohm n° 3, étant par suite d'un accident en cours de montage inférieur aux autres de plus de 1 pour 100, se prêtait mal à des comparaisons précises, il n'en sera pas tenu compte dans ce qui va suivre.

Ces étalons étant du type « à dérivation », la comparaison des neuf prototypes, deux à deux, a été faite par la méthode du pont double de Lord Kelvin.

Les deux ohms mercuriels à comparer, placés dans le même bain de pétrole, étaient successivement substitués l'un à l'autre, l'équilibre du pont étant réalisé en shuntant l'ohm métallique placé dans l'autre bras. Des résistances additionnelles constituées par un fil de cuivre plongeant dans un tube rempli de mercure et placées dans les dérivations du pont permettaient pour chaque opération de réaliser les conditions d'égalité des quatre résistances de la dérivation.

L'un des étalons, le n° 6, a présenté de grandes différences entre la valeur observée et celle que la mesure de ses dimensions géométriques conduisait à lui attribuer. L'examen de sa courbe de calibrage semble du reste indiquer une brusque variation de sa section, rendant difficile l'évaluation de la valeur moyenne de cette section et par suite de sa résistance.

Dans ces conditions, on a cru devoir l'éliminer et n'utiliser pour déterminer la valeur, en France, de l'ohm international que les huit étalons restants.

Les 28 comparaisons de ces huit ohms, deux à deux, permettent de calculer leur valeur la plus probable par rapport à leur moyenne déduite des mesures géométriques et de comparer les résultats ainsi obtenus à ceux déduits par M. Benoît de leurs dimensions.

Les résultats de ces comparaisons sont rassemblés dans le Tableau suivant :

Numéro de l'étalon.	Valeurs déduites des mesures électriques (ohm). I.	Valeurs déduites des mesures géométriques (ohm). II.	Différence (ohm). I — II.
1.........	0,999840	0,999862	$-2,2 \times 10^{-5}$
2.........	1,000052	1,000002	$+5 \times 10^{-5}$
4.........	1,000118	1,000133	$-1,5 \times 10^{-5}$
5.........	1,000123	1,000119	$+0,4 \times 10^{-5}$
7.........	1,000043	1,000084	$-4,1 \times 10^{-5}$
8.........	1,000150	1,000143	$+0,7 \times 10^{-5}$
9.........	1,000137	1,000135	$+0,2 \times 10^{-5}$
10.........	1,000139	1,000124	$+1,5 \times 10^{-5}$
Moyenne...	1,000075 (admis)	1,000075	$\pm 1,9 \times 10^{-5}$

Quant à la précision des mesures électriques, on peut s'en rendre compte par la comparaison des différences entre tous les ohms pris deux à deux, différences déduites des valeurs de la colonne I et celles résultant de la mesure directe.

Ces comparaisons sont rassemblées dans le Tableau II.

Valeur de	Calculée (¹).	Observée (¹).	Calculée — Observée.
1- 2..........	—212	—213	+ 1
1- 4..........	—278	—274	— 4
1- 5..........	—283	—285	+ 2
1- 7..........	—203	—199	— 4
1- 8..........	—310	—317	+ 7
1- 9..........	—297	—286	—11
1-10..........	—299	—297	— 2
2- 4..........	— 66	— 62	— 4
2- 5..........	— 71	— 67	— 4
2- 7..........	— 9	+ 15	— 6
2- 8..........	— 98	—101	+ 3
2- 9..........	— 85	— 89	+ 4
2-10..........	— 87	— 91	+ 4
4- 5..........	— 5	0	— 5
4- 7..........	+ 75	+ 83	— 8
4- 8..........	— 32	— 33	+ 1
4- 9..........	— 19	— 16	— 3
4-10..........	— 21	— 24	+ 3

(¹) En millionièmes d'ohms.

Valeur de	Calculée.	Observée.	Calculée — Observée.
5- 7	+ 80	+ 77	+ 3
5- 8	+ 27	+ 25	+ 2
5- 9	— 14	— 21	+ 7
5-10	— 16	— 25	+ 9
7- 8	— 107	— 107	0
7- 9	— 94	— 100	+ 6
7-10	— 96	— 81	— 15
8- 9	+ 13	+ 12	+ 1
8-10	+ 11	+ 10	+ 1
9-10	— 2	— 1	— 1
		Moyenne...	± 4,4

Comme on le voit, la moyenne des résidus des mesures électriques n'est que de quelques millionièmes, bien inférieure par suite à la moyenne des différences des nombres du Tableau I. Ces différences ne sont donc pas imputables aux imperfections du procédé de mesure électrique.

ÉLECTRICITÉ. — *Sur une classe particulière de piles.* Note [1] de M. **Vasilesco Karpen**, présentée par M. Paul Janet.

Convaincu que les liquides sont des gaz sous une forte autocompression (pression interne) et que par conséquent les gaz, tout comme les liquides, doivent dissoudre, sous pression convenable, les corps et en particulier les sels métalliques et devenir conducteurs de l'électricité par la dissociation électrolytique de ces sels, j'ai réalisé le dispositif ci-dessous décrit.

Dans un bloc de cuivre A est creusée une cavité cylindrique de 32^{mm} de diamètre et de 35^{mm} de hauteur; cette cavité contient 10^{cm^3} d'une solution saturée (à froid) de sulfate de cuivre. Par-dessus le bloc A se trouve un autre bloc de cuivre B, formant couvercle, isolé par du mica et de l'amiante du bloc A, et serré contre celui-ci par une forte presse hydraulique. La cavité se trouve ainsi hermétiquement fermée.

J'ai pensé qu'en chauffant cet ensemble à une température voisine de la température critique de l'eau (qui ne doit pas être trop différente de la température critique de la solution), la cavité contiendra deux phases : une phase liquide formée d'eau contenant en solution du sulfate de cuivre, en contact avec le bloc A et une phase gazeuse en contact avec le couvercle B,

---

([1]) Séance du 26 juin 1922.

formée de vapeurs d'eau *contenant également en solution du sulfate de cuivre*, mais en proportion probablement moindre que dans la phase liquide, et qu'il se formera ainsi une pile dont les électrodes seront les blocs A et B. Le fonctionnement de cette pile ne changera en aucune façon la composition des deux phases, qui se maintiendra automatiquement la même, le passage du courant ayant comme seul effet un transport de cuivre d'une électrode à l'autre.

L'expérience a confirmé cette prévision. En chauffant progressivement les deux blocs A et B, une f. é. m. prend naissance lorsque la température se trouve comprise entre 250° et 350°, avec un maximum *d'environ un quart de volt*, à une température comprise entre 300° et 350°, le bloc A étant positif. La résistance intérieure de la pile varie dans l'intervalle d'activité (250°-350°) entre 1000 et 20000 ohms.

Après fonctionnement d'environ 1 heure et après refroidissement, on trouve, à l'ouverture de la pile, la solution intacte, mais on constate un très abondant et très brillant dépôt de cuivre électrolytique en petits cristaux nageant à la surface du liquide et adhérant aux parois de la cavité. Ce dépôt, qui n'est pas en proportion avec la quantité d'électricité ayant traversé la pile, provient des courants locaux partant des points de la paroi en contact avec la phase gazeuse, traversant la surface de séparation vapeur-liquide et aboutissant aux points de la paroi en contact avec le liquide. On peut éviter ce dépôt en couvrant d'une couche isolante les parois de la cavité.

Les résultats obtenus avec le dispositif ci-dessus décrit m'ont conduit à essayer de constituer des piles analogues, mais *pouvant fonctionner à la température et à la pression* des milieux naturels.

J'ai constaté qu'il est possible de constituer une très grande variété de piles formées de deux liquides A et B non miscibles, directement superposés et contenant en solution ou à l'état colloïdal un sel ou un mélange de sels d'un métal M, en contact chacun avec une électrode formée du même métal M. Le fonctionnement de ces piles ne produit aucune réaction chimique, aucune modification de la concentration des deux solutions en contact.

Premier exemple. — Les deux liquides consistent dans un mélange d'eau et d'alcool amylique contenant en solution du sulfate de zinc. Ce mélange se sépare en deux phases : la phase supérieure formée surtout d'alcool amylique, et la phase inférieure formée surtout d'une solution aqueuse de sulfate de zinc. Les électrodes sont en zinc.

La f. é. m. peut atteindre 0,7 volt. Si l'on diminue la proportion de sulfate de zinc, la f. é. m. diminue et arrive à environ 0,4 volt pour l'eau et l'alcool purs, la résistance de la pile étant très grande. On peut faire varier la f. é. m. et la résistance en ajoutant d'autres sels de zinc, ainsi que des liquides tels que l'alcool éthylique,

l'acétone, etc. La f. é. m. est dirigée vers le haut, le courant allant, à l'extérieur, de l'alcool vers l'eau.

Deuxième exemple. — Les deux liquides consistent dans un mélange d'eau et d'alcool amylique contenant du peptonate de fer. La f. é. m., dirigée vers le haut, part d'environ 0,4 volt pour l'eau et l'alcool purs et peut atteindre 0,6 volt. (L'une de ces piles fonctionne de façon ininterrompue depuis le 5 décembre 1921.)

La puissance par unité de volume des piles que j'ai réalisées jusqu'à présent est très petite, elle est de l'ordre de quelques microwatts par centimètre cube.

La valeur de la f. é. m. des piles à source de chaleur unique et même le sens de cette f. é. m. *ne sont pas conformes* à la théorie osmotique des piles de M. Nernst.

Il semble de plus que *ces piles contredisent le deuxième principe de la Thermodynamique.*

Observations de M. **P. Janet** *à propos de la Communication précédente.*

En présentant les résultats fort intéressants obtenus par M. Vasilesco Karpen, je tiens à faire observer que, pour que la contradiction signalée fût établie, il faudrait prouver d'une façon tout à fait rigoureuse que le cycle parcouru par les corps en présence constitue un cycle fermé.

CÉRAMIQUE. — *Observations sur la cuisson de produits céramiques dans des fours chauffés électriquement.* Note de M. **Albert Granger**, présentée par M. Lindet.

Le service de contrôle des montres fusibles, établi à la Manufacture nationale de Sèvres pendant la guerre, nécessitant des appareils de chauffage aisément réglables, je fus amené à substituer progressivement aux fours, dont je disposais au début de ce travail, des fours chauffés électriquement.

Ces fours sont chauffés au moyen d'une résistance formée soit d'un fil métallique, soit de charbon granulé. J'ai pensé qu'il serait intéressant de faire quelques cuissons de produits céramiques divers dans ces appareils et de comparer les résultats obtenus avec ceux donnés par des fours à gaz ou des fours industriels.

L'échelle de température à parcourir dans le contrôle des montres

fusibles commence à 600° et s'étend au delà de la fusion du platine. Un four à résistance métallique ne permet pas de réaliser les températures très élevées. Comme four chauffé au moyen d'une résistance métallique, je dispose d'un appareil dont la partie chauffante est formée par un cylindre horizontal mesurant 34^{cm} de longueur et 13^{cm} de diamètre. La résistance est constituée par du ruban de platine suffisamment épais pour supporter 20 ampères en régime moyen sans accident. Avec une dépense de 1,5 kilowatt, on atteint facilement 650° et avec le double on arrive au point de cuisson de la porcelaine nouvelle de Sèvres, soit 1270°. Très commode au laboratoire, ce four est limité comme maximum de température. Dès qu'on veut atteindre et dépasser 1400°, il faut tellement surchauffer le platine qu'il se produit des accidents de volatilisation, tels que ceux signalés par M. Guntz. Je n'ai donc pu avec cet appareil qu'étudier la faïence fine, le grès et la porcelaine nouvelle de Sèvres. Comme dans un four de cet ordre il n'y a pas ou presque pas de mouvement de gaz, les produits ne montrent pas tout à fait le même aspect que ceux qui sortent des fours habituels dans lesquels des phénomènes de réduction ou d'oxydation peuvent entrer en jeu.

Une pâte de faïence fine composée avec des matériaux de bonne qualité cuit blanche, un grès ferrugineux cuit rouge et la porcelaine nouvelle de Sèvres prend une teinte ambrée. Dans un four de cet ordre, il n'y a à redouter aucune action oxydante, mais on n'a pas à sa disposition l'action réductrice que peut fournir la première phase de la cuisson industrielle de certains produits. En résumé, un four de cet ordre se prête très bien à des essais de laboratoire concernant les pâtes, glaçures et émaux.

Quand j'ai tenté de cuire de la porcelaine dure dont le point de cuisson est de 100° plus élevé que celui de la porcelaine nouvelle, j'ai eu recours à un four à charbon granulé. Ce four est disposé horizontalement comme le précédent; seulement il est plus long et plus étroit. Il mesure 66^{cm} de longueur et 10^{cm} de diamètre. Le tube chauffant est en corindon aggloméré avec une argile réfractaire. J'ai obtenu de bons résultats avec le corindon provenant de la fabrication aluminothermique du chrome, convenablement débarrassé des impuretés qu'il retient par lavage et traitement par les acides sulfurique et chlorhydrique.

Ce genre d'appareil consomme plus d'énergie que le précédent; il faut dépenser 8 kilowatts pour atteindre la température de cuisson de la porcelaine courante. Les techniciens, auxquels j'avais parlé de mes essais de cuisson de porcelaine, étaient presque persuadés qu'il me serait très

difficile d'obtenir de la porcelaine blanche; à leur avis, je devais avoir une oxydation dans le four et sortir des produits plus ou moins jaunes. Il n'en a rien été dans les premières cuissons; la porcelaine était grise. Elle présentait l'aspect des porcelaines du commerce qui ont été cuites dans une atmosphère trop réductrice.

Dans l'industrie on explique ordinairement cet accident, en admettant que la teinte grise est due à une occlusion de charbon très divisé provenant de la flamme chargée de carbone. Ce charbon n'a pu brûler complètement dans la suite et est resté emprisonné par la couverte. Dans le cas présent, je n'avais pas de flamme et par conséquent pas de possibilité d'apport de carbone sur les pièces; mais le tube de corindon formant la chambre de mon four étant poreux pouvait laisser passer des gaz. J'ai constaté qu'il se formait de l'oxyde de carbone qui traversait la paroi et venait brûler toutes les fois qu'on ouvrait le tube. Le seul moyen pour éviter ce noircissement résidait dans l'élimination de l'oxyde de carbone; en établissant un tirage modéré à travers le four ces inconvénients ont disparu.

Le carbone qui teinte la porcelaine peut donc être amené par de l'oxyde de carbone et non par des flammes trop carbonées; il se formerait un dépôt de carbone dû à la transformation du gaz oxyde de carbone en gaz carbonique avec dépôt de carbone, cette réaction inverse étant facilitée probablement par la nature poreuse des produits à cuire et des matériaux composant le four.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur l'obtention d'aldéhydes à partir d'alcools tertiaires.* Note de MM. R. Locquin et Sung Wouseng, présentée par M. A. Haller.

Nous avons exposé dans une Note précédente [1] que les dialcoylvinylcarbinols $RR'C(OH) - CH = CH^2$ peuvent être isomérisés en alcools ββ-dialcoylallyliques $RR'C = CH - CH^2OH$ de même que le linalol peut être transposé en géraniol.

Or, le linalol possède encore une singulière propriété à savoir que, par oxydation, il fournit du citral, c'est-à-dire l'aldéhyde correspondant au géraniol, constatation qui pendant longtemps a laissé planer des doutes sur l'existence d'une fonction alcoolique tertiaire dans le linalol.

On pouvait se demander si cette formation d'aldéhyde, tout à fait anor-

---

[1] R. Locquin et Sung Wouseng, *Comptes rendus*, t. 174, 1922, p. 1711.

malc à partir d'un alcool tertiaire, ne constituait pas, elle aussi, une propriété générale des alcools tertiaires éthyléniques possédant le groupement terminal $> C(OH) - CH = CH^2$, comme c'est le cas des dialcoylvinylcarbinols que nous avons décrits ultérieurement.

L'expérience a pleinement vérifié l'exactitude de cette induction.

Le mode opératoire que nous avons suivi a consisté à soumettre chacun des différents dialcoylvinylcarbinols en question à l'action du mélange chromique dans les conditions indiquées par Semmler (1) pour l'oxydation du linalol. Ensuite, nous avons fait passer un courant de vapeur d'eau dans la masse et agité l'huile entraînée avec une solution concentrée de bisulfite de soude. L'aldéhyde formée passe ainsi à l'état de combinaison bisulfitique que l'on sépare et décompose enfin par les procédés habituels.

L'oxydation provoque toujours la formation d'une notable quantité de cétone $R - CO - R'$ provenant d'une déshydratation suivie d'une scission de la molécule. Par contre, les produits acides ne sont pas abondants.

Naturellement, lorsque la cétone qui prend ainsi naissance est une méthylcétone, elle fournit, elle aussi, une combinaison bisulfitique qui rend plus délicate l'extraction et la caractérisation de l'aldéhyde, mais cette difficulté n'infirme en rien la généralité de la réaction.

C'est ainsi qu'en partant du méthylisohexylvinylcarbinol, du dipropylvinylcarbinol et du méthyl-tert.butylvinylcarbinol, nous avons obtenu, avec des rendements respectifs de 7, 15 et 25 pour 100 de la théorie, la β-méthyl-β-isohexylacroléine, la ββ-dipropylacroléine et la β-méthyl-β-tert.butylacroléine que nous avons identifiées, par leurs propriétés et par celles de leurs dérivés, avec les mêmes aldéhydes déjà rencontrées et décrites comme constituant les produits normaux de l'oxydation des alcools ββ-dialcoylallyliques correspondants (2).

En résumé, et ce sont là les conclusions qui se dégagent des faits relatés dans cette Note et dans la précédente :

I. Sous l'influence des agents acides, les dialcoylvinylcarbinols

$$RR'.C(OH) - CH = CH^2$$

sont transposables, avec des rendements variables, en alcools ββ-dialcoylallyliques $RR'.C = CH - CH^2OH$, ce qui rend difficile l'obtention de leurs éthers à l'état de pureté.

II. Bien qu'ils soient des alcools tertiaires, ces mêmes dialcoylvinylcarbinols fournissent, sous l'action du mélange chromique, des aldéhydes absolument identiques aux ββ-dialcoylacroléines $RR'.C = CH - CHO$

(1) SEMMLER, *Berichte Deutsch. chem. Ges.*, t. 23, p. 2965, et t. 24, p. 201.

(2) R. LOCQUIN et SUNG WOUSENG, *loc. cit.*

qui constituent les produits normaux de l'oxydation des alcools ββ-dialcoyl-allyliques.

La conséquence immédiate de cette constatation expérimentale est qu'il ne faut pas trop se hâter d'affirmer qu'on a affaire à une fonction alcoolique primaire quand, dans les produits de l'oxydation chromique d'un alcool, on trouve un aldéhyde de même condensation en carbone que le corps initial.

Ces propriétés curieuses paraissent devoir être attribuées à l'enchaînement particulier $> C(OH) - CH = CH^2$ qui existe dans la molécule des dialcoylvinylcarbinols. Si, jusqu'à présent, on ne les a constatées que sur le linalol, cela tient à ce que pendant longtemps ce fut le seul alcool connu de cette série.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur la vulcanisation du caoutchouc en solution.* Note de M. F. **Boiry**, présentée par M. A. Haller.

Le caoutchouc cru ou vulcanisé, en solution colloïdale dans un liquide organique, est susceptible de réagir avec le soufre.

La réaction entre le soufre et le caoutchouc en solution se produit à froid sous l'action des radiations ultraviolettes ([1]) ou avec le soufre à l'état naissant ([2]) et à chaud.

A part les travaux de Stern ([3]) sur la vulcanisation du caoutchouc en solution dans la naphtaline, et de Hinrichsen et Kindscher ([4]) sur la vulcanisation dans le cumène, il ne semble pas qu'à l'époque où nous avons entrepris ces recherches et obtenu les résultats consignés dans cette Note ([5]), l'action à chaud du soufre sur les solutions de caoutchouc ait déjà été étudiée.

Cette réaction, déjà sensible à 100°, devient très active à partir de 120° à 130°.

([1]) Helbronner et Bernstein, *Kolloid Zeitschrift*, t. 12, 1913, p. 193; *Comptes rendus*, t. 158, 1914, p. 343.

([2]) Peachey, *India Rubber Journal*, 15 octobre 1920.

([3]) Stern, *Zeitschrift für Electrochemie*, t. 15, 1909, p. 660.

([4]) Hinrichsen et Kindscher, *Kolloid Zeitschrift*, t. 2, 1912, p. 191.

([5]) Ces résultats avaient déjà fait l'objet du pli cacheté n° 292 déposé à la Société chimique de France le 19 mars 1921. Depuis cette date quelques Mémoires traitant ce sujet ont été publiés : Stevens, *India Rubber Journal*, 11 juin 1921, p. 1160; Stevens, *Journal of the Society of Chemical Industry*, t. 40, 1921, p. 186 T; Le Blanc et Groger, *Zeitschrift für Electrochemie*, t. 27, 1921, p. 335.

Les phénomènes se passent un peu différemment selon que l'on opère en solution étendue (1 à 2 pour 100 de caoutchouc) ou en solution concentrée (10 pour 100 et plus de caoutchouc).

1° *Solutions étendues.* — Si l'on chauffe à une température supérieure à 120° des solutions renfermant par exemple 2 pour 100 de caoutchouc et 1 pour 100 de soufre, elles deviennent de plus en plus foncées et leur viscosité décroît jusqu'à devenir sensiblement égale à celle du solvant.

On constate également que les solvants peuvent être rangés en deux groupes.

1° Les uns (nitrobenzène, pétrole, phénétol, etc.) donnent des solutions dans lesquelles, après quelques heures de chauffage, il se forme d'abord un trouble, puis un précipité.

2° Les autres (aniline, xylène, thymol, etc.) ne donnent aucune précipitation, ou une précipitation insignifiante, même lorsque les solutions sont maintenues plusieurs semaines à l'ébullition.

Les précipités obtenus dans les solvants du premier groupe se présentent soit sous forme d'un caillot sans consistance, soit sous forme d'un dépôt gélatineux adhérant aux parois du récipient.

Séchés à température ordinaire ou à l'étuve, ces caillots se contractent par évaporation du solvant en une masse compacte, dure, élastique, à cassure noire brillante.

Lavés au benzène, puis soumis à l'extraction acétonique, ces précipités donnent après dessiccation une poudre brune, impalpable, dont les particules ont un diamètre maximum de 1 à 2 microns.

Cette poudre est insoluble dans les solvants habituels du caoutchouc dans lesquels elle gonfle faiblement.

Sa teneur en soufre « combiné » [1] varie suivant les solvants et les conditions de l'expérience, de 15 à 30 pour 100.

La plus haute teneur que nous ayons observée était de 31,50 pour 100 pour un précipité obtenu dans le phénétol.

Ce précipité correspond à la composition centésimale $C^{10}H^{16}S^2$ (chiffre de soufre calculé : 32 pour 100), et il peut être considéré comme le terme ultime de la vulcanisation.

Quant aux produits, à teneur en soufre moindre, que nous avons obtenus, représentent-ils des combinaisons chimiques moins riches en soufre, ou bien

---

(1) Sous ce nom, nous entendons le soufre non extractible par l'acétone et sans doute lié chimiquement au caoutchouc.

sont-ils constitués par le composé $C^{10}H^{16}S^2$ retenant à l'état dissous ou absorbé une certaine proportion de caoutchouc n'ayant pas réagi? C'est un point sur lequel nous nous proposons de revenir ultérieurement.

2° *Solutions concentrées.* — Si l'on chauffe à 120° ou au-dessus des solutions concentrées, renfermant par exemple 10 pour 100 de caoutchouc et 5 pour 100 de soufre, dans l'un des solvants du premier groupe, on constate d'abord, comme dans les solutions étendues, une diminution marquée de la viscosité. Mais celle-ci, après avoir passé par un minimum, croît d'abord très lentement, puis plus rapidement et finalement la liqueur se prend en gelée.

Pareille prise en gelée s'observe si l'on refroidit une solution dont la viscosité, ayant passé par un minimum, croît à nouveau. Les gelées obtenues par refroidissement se comportent d'abord comme les solutions de gélatine : chauffées elles se liquéfient; refroidies elles se prennent de nouveau en masse. Mais cette prise en masse a lieu à des températures de plus en plus élevées et finalement se produit à la température même où l'on opère.

Les gels ainsi formés sont stables à froid. Mais, chauffés à nouveau à la température à laquelle ils ont été obtenus, ils montrent le phénomène de *synéresis*. Ils se contractent et laissent exsuder d'abord un liquide épais et se prenant en masse par refroidissement, puis un liquide plus fluide.

Les premiers gels obtenus, soumis à l'extraction acétonique, abandonnent un résidu solide, spongieux, élastique constituant environ 10 pour 100 du poids du gel.

Les gels, longuement chauffés et ayant subi le phénomène de synéresis, laissent après extraction acétonique un résidu constituant jusqu'à 60 pour 100 de leur poids et formé soit par une masse compacte, à cassure noire brillante, soit par une poudre jaune brun semblable à celle précipitée dans les solutions étendues.

La teneur en soufre combiné des résidus d'extraction acétonique est généralement comprise entre 20 et 30 pour 100. Mais tandis que, dans le nitrobenzène, cette teneur reste sensiblement constante pour un même gel, quelle qu'ait été la durée de chauffage, dans le pétrole il y a augmentation du soufre combiné avec le temps de chauffage.

Les liquides de synéresis laissent par évaporation des extraits secs de composition très voisine de celle des résidus d'extraction acétonique.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur la réduction de l'α-naphtylacétate d'éthyle et des α-naphtyléthanols par le sodium et l'alcool absolu.* Note de M. **Hervé de Pommereau**, présentée par M. Ch. Moureu.

L'étude de la réduction par le sodium et l'alcool absolu de l'α-naphtoate d'éthyle et de l'alcool α-naphtylique (¹), m'ayant montré que le noyau naphtalénique se trouve réduit en même temps que les groupes éther-sel ou alcool, je me suis proposé de voir s'il en serait de même avec l'α-naphtylacétate d'éthyle et les deux α-naphtyléthanols.

La réduction par le sodium et l'alcool de l'α-naphtylacétate d'éthyle

$$C^{10}H^7CH^2CO^2C^2H^5$$

ne m'a pas donné l'alcool correspondant, l'α-naphtyléthanol primaire

$$C^{10}H^7CH^2CH^2OH,$$

mais un de ses dérivés hydrogénés, dont la composition correspond à $C^{12}H^{16}O$; c'est un tétrahydronaphtyléthanol $C^{10}H^{11}CH^2CH^2OH$. Cet alcool bout à 187° sous 25^{mm}; il ne donne pas de produit d'addition avec le brome; sa phényluréthane fond à 91°.

Le noyau naphtalénique semble avoir été réduit plus facilement que le groupe éther-sel, car, par saponification de ce qui n'avait pas été transformé en alcool, j'ai obtenu un acide fusible à 131°, qui n'est pas de l'acide naphtylacétique, son mélange avec ce dernier fondant vers 120°; sa composition correspond à celle d'un acide tétrahydronaphtylacétique

$$C^{10}H^{11}CH^2CO^2H.$$

Cet acide, pas plus que le tétrahydronaphtyléthanol, ne donne de produit d'addition avec le brome.

J'ai, d'autre part, réduit l'α-naphtyléthanol primaire, déjà obtenu par Grignard (²), par le sodium et l'alcool absolu, pour voir si l'on pouvait ainsi obtenir la même tétrahydronaphtyléthanol. Cette réduction m'a donné un alcool dihydrogéné. Le dihydronaphtyléthanol $C^{10}H^9CH^2CH^2OH$, ainsi obtenu, est un liquide bouillant à 190° sous 22^{mm}, sa phényluréthane

---

(¹) *Comptes rendus*, t. 172, 1921, p. 1503.

(²) *Comptes rendus*, t. 141, 1905, p. 44.

fond à 106°. Le produit brut que donne cette opération fixe un peu moins de 2^{at} de brome par molécule en solution chloroformique, probablement par suite de la formation d'une petite quantité d'un composé tétrahydrogéné qui ne se brome pas.

La réduction par le sodium et l'alcool de l'α-naphtyléthanol secondaire

$$C^{10}H^{7}CH\begin{cases}CH^{3}\\OH\end{cases}$$

déjà obtenu par Berger (¹), m'a donné un carbure, un dihydroéthylnaphtalène $C^{10}H^{9}CH^{2}CH^{3}$, qui est un liquide bouillant à 240° sous 760^{mm}.

Cette réduction du naphtyléthanol secondaire en dihydroéthylnaphtalène est comparable en tous points à celle de l'alcool naphtylique en dihydrométhylnaphtalène, que j'ai précédemment signalée : la fonction alcool voisine du noyau est réduite en carbure, tandis que le noyau naphtalénique lui même fixe 2^{at} d'hydrogène.

L'acide α-naphtylacétique employé dans ces opérations a été préparé par hydrolyse du nitrile, qui lui-même avait été obtenu à partir soit de l'ω-chloro, soit de l'ω-bromo-α-méthylnaphtalène.

L'ω-bromo-α-méthylnaphtalène $C^{10}H^{7}CH^{2}Br$ a été facilement obtenu en éthérifiant l'alcool α-naphtylique $C^{10}H^{7}CH^{2}OH$ par l'acide bromhydrique.

L'ω-chloro-α-méthylnaphtalène $C^{10}H^{7}CH^{2}Cl$ a été obtenu par condensation de l'oxyde d'éthyle et de chlorométhyle $CH^{2}ClOC^{2}H^{5}$, sur le naphtalène en présence de chlorure stannique en solution éthérée, suivant le procédé indiqué par Sommelet (²) pour le chlorure de benzyle. Le chlorure ainsi préparé fond à 32°; il n'avait jusqu'à présent été signalé, par différents auteurs, qu'à l'état liquide.

En résumé, la réduction par le sodium et l'alcool de l'α-naphtylacétate d'éthyle conduit à un tétrahydronaphtyléthanol primaire et à un acide tétrahydronaphtylacétique; tandis que la réduction de l'α-naphtyléthanol primaire donne un dihydronaphtyléthanol primaire et celle de l'α-naphtyléthanol secondaire un dihydroéthylnaphtalène.

(¹) *Bull. Soc. chim.*, 3e série, t. 35, 1906, p. 338.

(²) Sommelet, *Comptes rendus*, t. 157, 1913, p. 1443.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Contribution à l'étude des huiles de pépins de raisins. Étude des acides gras solides. Méthode de séparation des acides stéarique et palmitique.* Note de M. **Émile André**, présentée par M. Charles Moureu.

Dans de précédentes Notes ([1]) nous avons donné les principales constantes physiques et chimiques d'un certain nombre d'échantillons d'huile de pépins de raisins et nous avons enregistré les premiers résultats que nous a fourni l'examen chimique de l'un d'eux. Il contenait une proportion appréciable de glycérides d'acides-alcools, ainsi qu'en font foi son indice d'acétyle (49,3) et sa densité $D_{0^\circ}^{20^\circ}$ 0,9334. Nous avons indiqué comment nous étions parvenu à séparer en trois groupes les acides gras retirés de cette huile en nous basant sur la solubilité différente de leurs sels de lithium dans l'alcool et dans l'eau. Le premier groupe était constitué par les acides dont les savons de lithium sont peu solubles dans l'alcool à 70° (acides solides); le deuxième groupe par les acides dont les sels de lithium sont peu solubles dans l'eau ou dans l'alcool de faible titre (acides liquides); le troisième groupe par les acides dont les savons de lithium sont les plus solubles dans ces derniers dissolvants (acides visqueux).

Étude des acides solides. — Ces acides fondaient à 49°-50°, leur indice de saturation était de 199 correspondant à un poids moléculaire moyen de 281 et leur indice d'iode était de 32. Ce dernier chiffre indique qu'ils étaient complètement séparés des acides non saturés. Nous avons traité à trois reprises leurs savons lithiques par 20 fois leur poids d'alcool à 70° bouillant. Après refroidissement, la partie insoluble était séparée de la solution alcoolique; nous avons constaté qu'après ce traitement l'indice d'iode des acides solides ainsi purifiés était tombé à 2 ou 3 seulement et que leur point de fusion était de 54°-55°.

Les liqueurs alcooliques distillées ont fourni des acides gras qui étaient : liquides pour le premier traitement, de consistance pâteuse pour le second et solides pour le troisième. Ces derniers fondaient à 58°-59° et leur poids moléculaire moyen était de 262; nous avons pensé que nous avions affaire à de l'acide palmitique impur contenant une petite quantité d'acide stéarique. Pour l'en débarrasser nous l'avons traité, au sein de l'alcool bouillant, par la cinquième partie environ de la quantité de carbonate de lithium nécessaire pour le saturer. La majeure partie de l'acide stéarique précipite par refroidissement et nous avons pu retirer des eaux mères de l'acide palmitique se présentant, après recristallisation dans l'alcool, *sous la forme de paillettes nacrées fondant à* 60°-61° et dont le poids moléculaire, déterminé par acidimétrie, était

([1]) *Comptes rendus*, t. 172, 1921, p. 1296 et 1413.

de 258. L'acide palmitique pur fond à 62° et possède un poids moléculaire de 256. Nous croyons la présence de cet acide démontrée d'une manière certaine dans l'huile de pépins de raisins.

Nous avons ensuite étudié le reste des acides solides en leur appliquant la méthode des précipitations fractionnées imaginée par Heintz en 1857. Nous lui avons cependant fait subir une légère variante, déjà utilisée avant nous par plusieurs auteurs et notamment par Meyer et Eckert ([1]) en employant pour opérer les précipitations, non pas l'acétate de baryum ou l'acétate de magnésium, mais l'acétate de lithium.

Les acides à savons de lithium insolubles dans l'alcool à 70° ont été régénérés de leurs sels; nous avons dès l'abord constaté qu'il n'était pas possible de les dissoudre complètement à froid dans l'alcool à 95°. Quelle que soit la dilution, il se formait toujours, par refroidissement, un léger précipité blanc floconneux. Ce précipité n'est pas de l'acide arachidique, il n'a pas l'aspect cristallin et fond mal entre 72° et 78°. Nous avons alors procédé à la précipitation fractionnée sans attendre le refroidissement complet des solutions alcooliques. Nous n'entrerons pas ici dans le détail des opérations fort longues que nous avons dû faire pour arriver à isoler les différents constituants du mélange d'acides gras dont nous poursuivions l'étude. Disons simplement que nous avons réussi à isoler une très petite quantité d'un acide fondant à 84°-85°, soluble dans l'alcool et dans le benzène bouillants, mais fort peu soluble dans ces deux dissolvants à la température ordinaire. L'indice de saturation déterminé au sein de l'alcool bouillant était de 126, correspondant à un poids moléculaire de 445. Cet acide n'existe qu'en très faible proportion dans l'huile de pépins de raisins; $\frac{1}{1000}$ à $\frac{2}{1000}$ environ. Les acides solides provenant de 700g d'huile ont permis d'en extraire 0g,70 à 0g,80. Ses propriétés principales : point de fusion, poids moléculaire, solubilités, le rapprochent beaucoup de l'acide mélissique $C^{30}H^{60}O^2$ (P. M. 452; F. 88°-89°).

La présence d'un acide de condensation aussi élevée n'avait pas encore, à notre connaissance, été signalée dans aucune huile ou graisse. Nous pensons que cet acide tire son origine de la légère couche cireuse qui recouvre l'enveloppe externe des pépins de raisins et nous sommes assez porté à croire que si l'on voulait se donner la peine de rechercher avec soin les acides de cette nature dans les huiles végétales provenant de graines soumises à la presse avec leurs téguments on constaterait assez fréquemment leur présence.

Nous avons également retiré du mélange d'acides gras solides sur lequel portaient nos recherches un acide fondant à 68° et dont le poids moléculaire est de 282. L'acide stéarique fond à 69°,2 et son poids moléculaire est

---

([1]) *Monatshefte f. Chem.*, t. 31, 1910, p. 1227 à 1252.

de 284. La présence de cet acide dans l'huile de pépins de raisins n'est pas douteuse. Enfin après une série de fractionnements par précipitation, fort laborieuse et fastidieusement longue, nous avons réussi à extraire à nouveau de l'acide palmitique.

Nous croyons qu'il est possible d'améliorer grandement la méthode de séparation des acides gras saturés due à Heintz, en mettant à profit les propriétés de solubilité des savons de lithium dans l'alcool. A la température ordinaire, le palmitate de lithium est sensiblement plus soluble que le stéarate. Pour isoler du mélange d'acides stéarique et palmitique, si fréquemment rencontré, la petite quantité de chacun d'eux nécessaire à son identification, il n'est pas nécessaire de recourir à une série de précipitations interminable. On peut adopter la technique suivante : 1° on met à profit la solubilité relative du palmitate de lithium dans l'alcool à 95° pour extraire une certaine quantité d'acide palmitique impur qu'on purifiera comme nous l'avons indiqué plus haut; 2° on utilisera ensuite la méthode des précipitations fractionnées, mais on se contentera de faire une seule précipitation partielle, qui permettra d'obtenir de l'acide stéarique souillé d'une quantité assez faible d'acide palmitique; on recommencera sur lui la même opération et l'on obtiendra de l'acide stéarique dans un état de pureté suffisant pour qu'on puisse l'identifier après recristallisation dans l'alcool.

Cette méthode basée à la fois sur la dissolution fractionnée et la précipitation fractionnée pourra, pensons-nous, rendre d'utiles services.

CRISTALLOGRAPHIE. — *Sur un nouvel exemple de formes hémièdres non conformes au signe de l'activité optique.* Note de M. A. **Duffour**, présentée par M. Fréd. Wallerant.

On sait que la configuration moléculaire dissymétrique qui provoque l'activité optique des corps en solution a généralement sa répercussion sur la forme cristalline de ceux-ci. Non seulement leurs formes présentent les caractères d'une hémiédrie énantiomorphe, mais encore chacune des deux demi-formes inverses possibles paraît exclusivement liée à l'un ou à l'autre des deux signes, dextrogyre ou lévogyre de la solution.

On s'est depuis longtemps rendu compte aussi que ni l'une ni l'autre de ces deux règles n'est absolue et que toutes deux comportent des exceptions. Mais, si les exemples sont nombreux de substances actives en solution n'ayant jamais manifesté à l'état solide aucun signe d'hémiédrie, incom-

parablement plus rares sont les cas où un signe donné de l'activité moléculaire s'accommode tantôt de l'une, tantôt de l'autre des deux demi-formes énantiomorphes possibles.

C'est ainsi que, le quartz mis à part, qui correspond à un ordre tout autre de phénomènes, on ne cite guère comme présentant ce genre d'anomalies, que le cas de certains tartrates alcalins ou ammoniacaux [1]. Sans que pour l'instant on en comprenne la raison, en effet, quelques circonstances particulières, comme la présence de certaines impuretés dans l'eau mère, celle des citrates alcalins par exemple, provoquent sur leurs cristaux la disparition des facettes hémièdres normales et l'apparition des facettes énantiomorphes qui, régulièrement, ne se rencontrent que sur les cristaux de leurs antipodes optiques.

C'est en raison de l'extrême rareté des anomalies de cette sorte qu'il me paraît intéressant de signaler celles que j'ai observées au cours d'une étude récente sur l'acide abiétique [2].

Cet acide, constituant cristallisable constant des colophanes les plus diverses, qui parfois même les forme presque exclusivement, est un mélange, imparfaitement résolu encore, d'acides isomères de formule $C^{20}H^{30}O^2$. Néanmoins, quelle que soit la proportion relative de ces isomères, les cristaux mixtes qu'ils constituent présentent, en ce qui concerne leur forme, des caractères permanents, précieux pour leur identification immédiate. Ces caractères cristallographiques ne sont autres que ceux du terme extrême de cette série de cristaux mixtes, ceux de l'isomère dominant, que F. Schulz [3] a isolé depuis peu et que M. G. Dupont [4] a désigné sous le nom d'*acide-β-pimarabiétique* après en avoir définitivement établi la genèse.

Pour toute l'étendue du spectre visible, l'acide abiétique manifeste en solution une activité optique fortement lévogyre. Mais, en raison de sa nature mixte, les divers échantillons de cet acide pourront présenter, pour une radiation donnée, des pouvoirs rotatoires assez différents, suivant leur composition. Seul le terme extrême, l'acide β-pimarabiétique, fournira des valeurs constantes, par exemple pour $J = 578^{\mu\mu}$

$$[\alpha]_J = -100^\circ,1.$$

---

(1) Pasteur, *Ann. Ch. Phys.*, 3e série, t. 38, 1853, p. 452; *Bull. Soc. chim.*, séance du 25 janvier 1884, etc.

(2) Voir *Bulletin de la Direction des recherches et inventions*, janvier 1921.

(3) F. Schulz, *Chem. Zeit.*, 1917.

(4) G. Dupont, *Bull. Soc. chim.*, 4e série, t. 29, 1921, p. 729.

Tous ces cristaux, qu'ils soient mixtes ou purs, sont *monocliniques* et, conformément à la règle, présentent toujours l'*hémiédrie holoaxe*. La forme primitive, presque invariable, ne s'écarte pour ainsi dire pas du type défini par les valeurs suivantes :

$$a : b : c = 1,186 : 1 : 0,990, \qquad \beta = -112^\circ 23' \text{ (}^1\text{)}.$$

Quant aux formes simples, elles sont toujours peu nombreuses :

$$h^1(100), \quad m(110) \quad b^{\frac{1}{2}}(111), \quad p(001).$$

C'est par la réduction des formes m et $b^{\frac{1}{2}}$ à des hémi-prismes que se manifeste l'hémiédrie. La première, m, conserve quelquefois, mais assez exceptionnellement, ses quatre faces, donnant généralement alors un faciès prismatique aux cristaux. Lorsqu'il y a réduction, très régulièrement, ce sont les faces $1\bar{1}0$, $\bar{1}\bar{1}0$ qui subsistent. Quant au prisme $b^{\frac{1}{2}}$, on ne l'a jamais observé que réduit à deux faces qui, tout aussi régulièrement, occupent les positions $\bar{1}11$, $11\bar{1}$.

C'est l'association de ces deux hémi-prismes, ainsi placés chacun à une extrémité de l'axe binaire, qui délimite le contour triangulaire des lamelles (aplaties suivant h^1) constituant le faciès de beaucoup le plus fréquent et le plus caractéristique de l'acide abiétique.

Tels sont, pour l'acide abiétique, les caractères cristallographiques normaux. Or un des récents échantillons préparés par M. G. Dupont est apparu tout autre. Obtenu par un des procédés habituels : isomérisation des constituants de la gemme par le solvant (acétone brut chargé en acides) au cours de cristallisations successives, la seule particularité de son origine était que la gemme provenait du Pin d'Alep (*Pinus halepensis*).

Cet échantillon était formé de belles lamelles ayant bien le contour triangulaire de l'acide abiétique, mais au lieu de la disposition normale des faces hémièdres, elles offraient la disposition énantiomorphe : 110, $\bar{1}10$ pour l'hémi-prisme m et $\bar{1}\bar{1}1$, $1\bar{1}\bar{1}$ pour l'hémi-prisme $b^{\frac{1}{2}}$.

Les mesures goniométriques comparatives :

	Échantillon.	Acide abiétique (Mach).
	° ′	° ′
mm	95.20	95.20
ph^1	112.17	112.23
$b^{\frac{1}{2}}b^{\frac{1}{2}}$	83.15 (env.)	83.14

(1) Mach et Graber, *Monatshefte für Ch.*, t. 15, 1894, p. 642.

confirment manifestement qu'il s'agit bien là d'un acide abiétique, fort voisin même de l'acide β-pimarabiétique et non, comme l'inversion de la forme eût pu le laisser croire, de son antipode optique qui reste inconnu. En effet :

	Échantillon.	Acide β-pimarabiétique.
F.	169°-171°	172°-173°
$[\alpha]_J$	—93°,2	—100°,1

Cette anomalie vient-elle du fait que la matière première a été la gemme du Pin d'Alep, qui offre déjà la particularité de fournir une essence de térébenthine fortement dextrogyre ? Bien que, faute d'observations assez nombreuses, il soit difficile de se prononcer, la supposition semble douteuse. Il est très probable en effet que cette même anomalie, d'autres échantillons d'une origine tout autre, l'ont déjà présentée. C'est elle en effet qu'ont figurée, par certains de leurs dessins, mais sans la signaler expressément, deux des nombreux auteurs qui se sont occupés de l'acide abiétique : Wulf (¹) et Schkateloff (²).

CHIMIE AGRICOLE. — *Sur la présence du cobalt et du nickel dans la terre arable*. Note de MM. **Gabriel Bertrand** et **Mokragnatz**, présentée par M. Roux.

Le cobalt et le nickel sont des métaux dont l'existence dans l'écorce terrestre semble jusqu'ici très localisée et plutôt profonde, mais que nous venons cependant de découvrir, en très petites proportions, dans la partie la plus superficielle, dans la terre arable.

C'est en appliquant à des échantillons de sols la méthode de recherche et de dosage du zinc dite « au zincate de calcium » (³) que nous avons été conduits à faire cette découverte.

Voici la marche des opérations que nous avons suivie :

Environ 1^{kg} de terre, séchée à l'air, a été calcinée en plusieurs fois, dans une capsule de porcelaine et au four à moufle, à la température du rouge naissant, afin de détruire les matières organiques.

(¹) In Kelbe, *Berichte*, t. 13, 1880, p. 888.

(²) *Mon. scient. Quesneville*, t. 22, 1908, p. 217.

(³) Gabriel Bertrand, *Comptes rendus*, t. 115, 1892 p. 939 et 1028. — Gabriel Bertrand et M. Javillier, *Bull. Soc. chim.*, 4ᵉ série, t. 1, 1907, p. 63, et t. 3, 1908, p. 114.

Le produit de la calcination, rassemblé dans une grande capsule de porcelaine, a été arrosé avec 1 litre d'acide chlorhydrique pur, préparé spécialement au laboratoire, et le tout évaporé au bain-marie, presque à sec. On a délayé la masse dans 1 litre d'acide chlorhydrique étendu de son volume d'eau pure, redistillée sous pression réduite dans un appareil en verre; puis on a chauffé quelques instants, décanté et filtré le liquide. Pour le lavage, on a versé environ trois quarts de litre d'eau pure sur le résidu contenu dans la capsule, et, après délayage et repos, on a décanté et filtré. Ce lavage a été répété une demi-douzaine de fois, de manière à extraire les substances dissoutes par l'acide à environ $\frac{1}{100}$ près.

Après concentration sur le bain-marie au volume de 2 litres, la solution a été versée dans $1^l,5$ d'ammoniaque pure, préparée par nous-mêmes. On a filtré sur trois grands filtres en papier et lavé une dizaine de fois le précipité volumineux par délayage dans l'eau ammoniacale et égouttage à fond.

Les liquides ammoniacaux ont été mis à bouillir, en présence de lait de chaux ajouté peu à peu, jusqu'à expulsion totale de l'ammoniac. On a vérifié la présence d'un petit excès de chaux libre à la fin de l'opération à l'aide de la phtaléine du phénol.

Le précipité zinco-calcique formé au cours de l'opération renferme le cuivre, le cobalt et le nickel qui, avec le zinc, étaient contenus dans la terre. On a dissous ce précipité dans un excès convenable d'acide chlorhydrique, et l'on a traité la solution par l'hydrogène sulfuré, pour séparer le cuivre (1).

Le liquide filtré a été ensuite évaporé presque à sec, le résidu repris par l'acétate d'ammoniac au $\frac{1}{10}$ est précipité par l'hydrogène sulfuré. On a obtenu un mélange de sulfures, de couleur noire, que l'on a redissous dans l'eau régale. On a évaporé à sec, séparé une trace de fer par l'ammoniaque en excès, évaporé et chauffé pour chasser l'ammoniac et son chlorhydrate, redissous complètement les chlorures métalliques en s'aidant d'un peu d'acide chlorhydrique, et ajouté du nitrite de potassium. Du précipité jaune cristallin de cobaltonitrite ainsi obtenu, on a séparé l'oxyde de cobalt par la potasse, à la manière ordinaire.

Quant au nickel, on l'a retiré des eaux mères du cobaltonitrite par précipitation avec de la potasse.

Les deux oxydes, après avoir été séchés, calcinés et pesés, ont fourni, chacun pour leur part et avec la plus grande netteté, les réactions caractéristiques des métaux dont ils dérivent.

Les proportions de cobalt et de nickel contenues dans la terre arable, quoique très petites, ne sont pas négligeables :

1100^g d'une terre très fertile, provenant de Pantchevo, près de Belgrade, dans laquelle nous avons d'abord reconnu la présence des deux nouveaux éléments du sol, ont donné $0^g,004$ d'oxyde de cobalt correspondant

---

(1) La présence du cuivre dans la terre arable a déjà été établie, en particulier par les recherches de L. Maquenne et E. Demoussy, *Bull. Soc. chim.*, 4e série, t. 27, 1920, p. 225.

à $0^g,0028$ de cobalt par kilogramme et $0^g,0194$ d'oxyde de nickel correspondant à $0^g,0136$ de nickel par kilogramme.

Un échantillon de terre de jardin de 840^g, provenant de l'Institut Pasteur, nous a fourni, d'autre part : $0^g,0039$ d'oxyde de cobalt, soit $0^g,0037$ de cobalt par kilogramme et $0^g,0186$ d'oxyde de nickel ou $0^g,0174$ de nickel par kilogramme.

PHYSIOLOGIE. — *Sur l'énergie nerveuse motrice. Électroneurogrammes.* Note (¹) de M. I. Athanasiu, transmise par M. Ch. Richet.

Dans une Note antérieure (²) nous avons analysé les divers éléments de l'électromyogramme volontaire et nous avons mis en évidence la part qui dans ce tracé nous semblait devoir être attribuée au courant d'action propre du système nerveux, donc à l'énergie nerveuse qu'il accompagne. Toutefois ces électromyogrammes ne nous auraient pas permis d'arriver à une conclusion formelle sur ce point spécial si nous n'avions pu isoler ce courant nerveux d'action dans des électroneurogrammes volontaires, d'où seraient exclus les éléments correspondant au courant d'action du muscle. Nous avons obtenu ce résultat en plaçant nos électrodes soit sur les centres nerveux de manière à fermer le circuit cerveau + moelle, soit l'une sur les centres nerveux, cerveau ou moelle et l'autre sur un nerf périphérique (sciatique), soit les deux électrodes sur le même nerf périphérique, l'une sur la surface longitudinale, l'autre sur la section transversale.

Nous avons fait nos expériences sur le chien et le cobaye anesthésiés au protoxyde d'azote, qui permet un réveil rapide des animaux.

Les électrodes de d'Arsonval ou des électrodes en platine, isolées autant que possible dans des tubes de caoutchouc, ont été mises en contact direct avec la substance cérébrale (zone motrice) et médullaire (cordons antéro-latéraux).

Le nerf sciatique a été enfermé sur une étendue de 3^{cm} dans une gaine en caoutchouc et c'est sur cette position du nerf qu'a été placée l'électrode, isolée elle aussi des tissus environnants. L'enregistrement du courant nerveux d'action a été fait pendant la marche volontaire de l'animal.

Les figures 1, 2, 3 et 4 montrent quelques électroneurogrammes ainsi obtenus.

(¹) Séance du 3 juillet 1922.

(²) I. Athanasiu, *Sur l'énergie nerveuse motrice* (*Comptes rendus*, t. 175, 1922, p. 56).

Ce qui caractérise ces électroneurogrammes c'est la présence presque exclusive de petites vibrations. Si on les compte sur les portions du tracé où elles sont très nettes on trouve que leur nombre varie entre 300 et 460 par seconde pour le sciatique du cobaye; entre 343 et 490 pour le circuit

Électroneurogrammes.

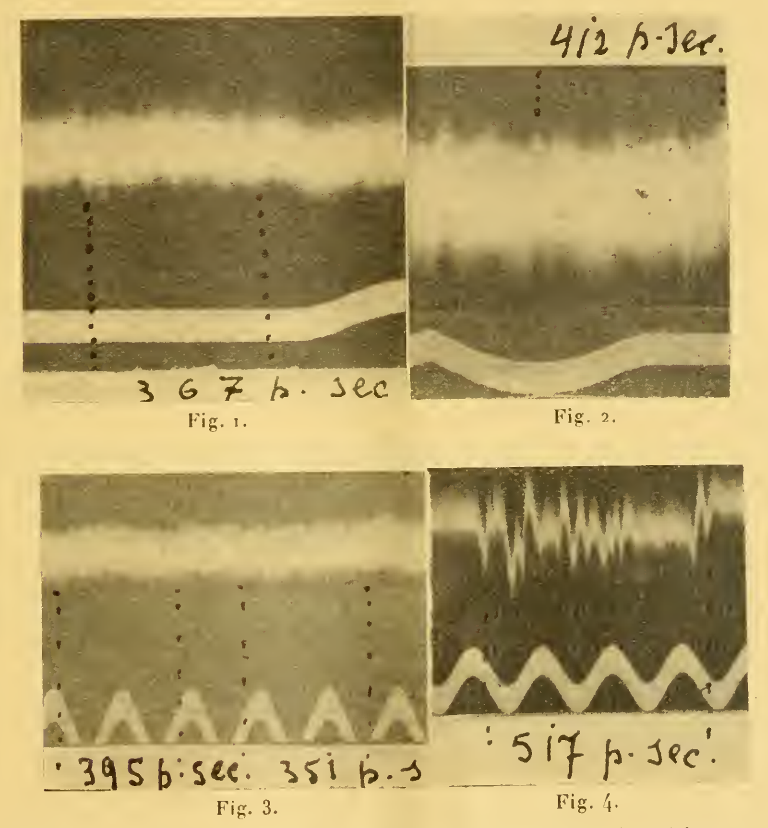


Fig. 1. Fig. 2. Fig. 3. Fig. 4.

Fig. 1. — Cerveau + sciatique chez le cobaye. Corde en verre argenté, 4µ. Résistance, 3000 ohms; tension, 2mm pour 0,001 volt. Marche volontaire.

Fig. 2. — Sciatique du cobaye. Même corde. Tension, 1mm,5 pour 0,001 volt. Amplification optique, 2000 fois. Marche volontaire.

Fig. 3. — Cerveau + moelle chez le chien. Corde en verre argenté 2µ,5. Résistance, 6500 ohms; tension, 1mm pour 0,001 volt. Marche volontaire.

Fig. 4. — Cerveau + moelle chez le chien chloralosé. Circulation artificielle dans les centres nerveux. Même corde que n° 3. Tension, 1mm,7 pour 0,001 volt.

cerveau + sciatique chez le cobaye et entre 343 et 440 pour le circuit cerveau + moelle chez le chien. Ces chiffres se rapprochent beaucoup de ceux que nous avons trouvés sur les électromyogrammes volontaires.

Afin d'isoler autant que possible le système nerveux des autres tissus vivants de l'organisme nous avons fait avec M. Barry la circulation artificielle avec du sang défibriné, limitée aux champs des carotides et des vertébrales. Cette circulation était entretenue par une préparation cardio-pulmonaire, indépendante, prise sur un second chien, suivant la méthode de Starling. L'une des électrodes était fixée sur le cerveau (zone motrice) et l'autre sur la face inférieure de la moelle épinière, au niveau des dernières paires cervicales.

Comme le chloralose augmente beaucoup l'excitabilité des centres nerveux pour les actions mécaniques, nous avons employé comme excitant l'attouchement du plexus brachial avec une baguette en verre ou simplement des petits chocs sur la table d'opération.

La figure 4 montre la réponse électroneuromotrice des centres nerveux à ce dernier genre d'excitation. On voit qu'elle se traduit par de petites vibrations dont le nombre varie entre des limites beaucoup plus étendues que chez les animaux normaux. Ainsi nous trouvons sous l'influence du choc sur la table d'opération des phases dans lesquelles le nombre des vibrations nerveuses monte à 666, 820 et peut arriver jusqu'à 1250 par seconde.

Chez le cobaye chloralosé la piqûre de la peau provoque un dégagement d'énergie nerveuse motrice dont le nombre des vibrations peut monter jusqu'à 800 par seconde et par le choc de la table jusqu'à 1130.

L'exagération de l'excitabilité des centres nerveux par le chloralose se traduit donc par une augmentation considérable du nombre des vibrations nerveuses motrices dans l'unité de temps.

De l'ensemble de nos recherches sur le courant d'action des nerfs et des centres nerveux qui commandent les mouvements volontaires nous pouvons conclure :

1° Le courant d'action suit l'énergie nerveuse dans toutes ses phases ; il est par conséquent l'image fidèle de cette énergie.

2° L'énergie nerveuse motrice volontaire est de nature vibratoire et présente chez les mammifères entre 300 et 550 vibrations par seconde.

3° Le chloralose augmente considérablement le nombre des vibrations électroneuromotrices, donc celles de l'énergie nerveuse motrice.

HYDROLOGIE THÉRAPEUTIQUE. — *État d'acidose, méthode d'épreuve et traitement*. Note de MM. A. **Desgrez**, H. **Bierry** et F. **Rathery**, présentée par M. Charles Moureu.

Dans les processus du métabolisme, il y a formation d'acides qui se combinent aux bases fixes de l'organisme avant d'être éliminés. Des mécanismes régulateurs interviennent, à l'état normal, dans la formation et l'élimination de ces corps; il en résulte un équilibre *acide-base* qui laisse subsister une légère réaction alcaline des tissus et du sang, « la concentration de l'ion hydrogène se trouvant être, dans ce liquide, d'après Henderson, environ le tiers, et celle de l'ion hydroxyle environ le triple des concentrations correspondantes dans une solution exactement neutre ».

Si, par suite de troubles dans la nutrition ou les éliminations, les mécanismes régulateurs sont forcés, il en résulte un excès d'acide qui crée une intoxication pouvant amener une perte quotidienne de bases alcalines et une diminution des bicarbonates du sang, avec retentissement sur la tension de l'acide carbonique alvéolaire. L'organisme lutte contre cette acidité envahissante par l'émission d'urine hyperacide, ce qui économise les bases du sang; d'autre part, il fait appel à l'ammoniaque fournie par la dégradation des protéines, car on admet que l'excrétion exagérée de sels ammoniacaux prouve que les acides n'ont pas rencontré les bases fixes nécessaires à leur neutralisation.

Chez le diabétique, on peut, en outre, observer la formation d'acides organiques, acétylacétique, β-oxybutyrique, etc., d'abord nocifs en tant qu'acides, puis, chacun, par sa toxicité propre. C'est précisément cette toxicité, en quelque sorte spécifique, prédominante pour l'acide β-oxybutyrique, qui a contribué à individualiser le syndrome. On en est arrivé progressivement à conclure que la nocivité de ces acides était seule en jeu et à confondre « acétonurie », acidose et hyperacidité urinaire; certains auteurs inclinant même à penser que l'ingestion d'alcalins, qui fait fléchir l'acidité urinaire, entraînerait la disparition de l'acide β-oxybutyrique.

Nos expériences montrent qu'il n'en est rien, que les alcalins, sans autre pouvoir que celui de saturer ces acides « acétoniques » et de rendre plus facile leur élimination, n'exercent aucun effet sur la formation même de ces corps. Le rein est d'ailleurs capable d'en éliminer 60 pour 100, à l'état de liberté. Poussant plus loin ces recherches, nous avons vu que l'ingestion de sels alcalins amène bien une diminution de l'ammoniaque et de l'acidité

urinaires, mais que l'élimination des acides cétonique et cétogène n'en persiste pas moins, sous la forme de leurs sels, et peut même augmenter dans une urine rendue hyperalcaline. Nous avons réussi, par contre, grâce à un régime équilibré en protéines, graisses et hydrates de carbone, qui s'est montré l'agent thérapeutique rationnel du syndrome, à obtenir une réduction marquée dans la formation des corps « acétoniques », tout en provoquant, parallèlement, par l'ingestion de diverses substances, l'excrétion d'ammoniaque. Nous avons pu ainsi dissocier l'acétonurie et l'ammoniurie.

Dès lors, il nous a paru nécessaire d'élargir la notion « d'acidose », d'autant plus qu'il existe diverses maladies, autres que le diabète, dans lesquelles, sans acétonurie, donc sans acidose vraie, on constate un trouble de l'équilibre *acide-base* capable d'amener des perturbations dans le métabolisme cellulaire et les échanges gazeux. Nous avons adopté, pour reconnaître cet état « d'acidose », la méthode proposée par Sellards, modifiée par Walter, Palmer et Henderson, et à laquelle nous ajoutons le dosage de l'acide carbonique urinaire libre et combiné.

Mode opératoire. — On fait absorber au sujet, à jeun, le matin, après une détermination préalable du P_H et du CO^2 urinaires, 4^g de bicarbonate de soude $\left(\text{correspondant approximativement à } 500^{cm^3} \text{ de solution } \frac{N}{10}\right)$. Sur des échantillons d'urine prélevés d'heure en heure, on suit les variations du P_H et du CO^2. Chez l'homme normal, généralement au bout d'une heure, on observe une réponse, traduite par une augmentation très notable des chiffres initiaux et, très souvent, par une diurèse marquée.

D'après nos observations, nous considérons qu'une réduction de l'acidité urinaire inférieure de 6 fois à sa valeur initiale, dans les cinq heures qui suivent l'ingestion de bicarbonate, ne peut être notée comme une réponse. Par exemple, un abaissement de la concentration en ions H^+ de 40×10^{-7} à 10×10^{-7} permettra de diagnostiquer un état d'acidose.

Les sujets soumis à cette épreuve doivent, préalablement, pendant plusieurs jours, s'abstenir d'ingérer du bicarbonate de soude dont l'action peut se manifester pendant quelque temps. Nous avons parfois constaté la présence de plusieurs grammes de CO^2 par litre d'urine et une concentration en ions H^+ tombée au-dessous de $0,10 \times 10^{-7}$, chez les diabétiques qui avaient ingéré des doses beaucoup trop élevées de bicarbonate de soude.

Nos recherches ont porté sur des albuminuriques, des diabétiques, des brightiques azotémiques, etc. Nous n'avons, jusqu'ici, rencontré d'état d'acidose que chez certains brightiques azotémiques et certains diabétiques.

Voici quelques exemples (CO^2 exprimé en grammes par litre d'urine) :

Malades.	Avant ingestion de bicarbonate de soude.		Après ingestion de bicarbonate de soude. 1 h. après.		2 h. après.		3 h. après.	4 h. après.		Acidose.
	P_H.	CO^2.	P_H.	CO^2.	P_H.	CO^2.	P_H.	P_H.	CO^2.	
		g		g		g			g	
Diabétique	5,50	0,044	5,50	»	8,20	1,07	8	8,20	»	pas d'acido
Diabétique	4,80	0,044	4,80	»	4,80	»	4,80	4,80	0,04	acidose
Brightique azotémique..	5,50	»	5,50	»	6	»	5,50	5,50	»	acidose
Diabétique	4,80	0,07	6,90	»	7,30	»	6,90	7	0,22	pas d'acido
Albuminurique	6,60	0,26	7,40	0,46	6,20	0,12	5,80	6	»	pas d'acido

Des dosages en cours de divers cations et anions, dans l'urine, permettront d'en suivre les vitesses d'élimination.

Conclusions. — 1° Il y a lieu de distinguer hyperacidité urinaire, acétonurie et acidose ; 2° l'état « d'acidose », rencontré chez divers diabétiques et brightiques azotémiques, est décelé par l'épreuve du bicarbonate de soude ; 3° la réponse au bicarbonate peut être suivie par les variations urinaires de l'acidité ionique et de l'acide carbonique ; 4° dans le traitement de l'état d'acidose, il faut donner des bicarbonates alcalins, à doses répétées et suffisantes pour que la réaction de l'urine se maintienne au voisinage de celle du sang à l'état normal. L'obtention d'une réaction urinaire correspondant à une hyperalcalinité marquée n'est pas exempte de dangers pour certains malades.

La séance est levée à 16 heures et quart.

É. P.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

Ouvrages reçus dans les séances de juin 1922 (*suite et fin*).

Histoire naturelle. Les Plantes, par J. Costantin et F. Faideau. Paris, Larousse, 1922 ; 1 vol. 33^{cm}.

Culture générale. Méthode scientifique. Esprit scientifique. Paris, Alfred Costes, 1922 ; 1 vol. 19^{cm}.

Les axiomes de la Mécanique. Examen critique. Note sur la propagation de la lumière, par Paul Painlevé. Paris, Gauthier-Villars, 1922 ; vol. 19^{cm}.

Primera reunión nacional de la Sociedad argentina de ciencias naturales. Tucuman, 1916. Buenos-Aires, Coni, 1918-1919 ; 1 vol. 28^{cm}.

Une nouvelle carte géologique du monde? par Emm. de Margerie. Extrait des *Annales de Géographie.* tome XXXI, 1922. Paris, Armand Colin ; 1 fasc. 25^{cm}.

Des sciences physiques aux sciences morales. Introduction à l'étude de la morale et de l'économie politique rationnelles, par Jacques Rueff. Paris, Félix Alcan, 1922 ; 1 vol. $18^{cm},5$. (Présenté par M. Borel.)

Leçons d'analyse fonctionnelle professées au Collège de France, par Paul Lévy. Paris, Gauthier-Villars, 1922 ; 1 vol. 25^{cm}.

Uuniversidad de Zaragoza. Facultad de ciencias. *Trabajos del laboratorio de investigaciónes bioquimicas.* Volume I : 1920-1921 ; Volume II : 1921-1922. Zaragoza, G. Casañal, 1921 et 1922 ; 2 vol. 25^{cm}.

The John Fritz medal. New-York, Bartlett, irr press, 1917 ; 1 vol. 24^{cm}.

L'Union d'électricité et la centrale de Gennevilliers, par Ernest Mercier. Paris, *Revue industrielle*, 1922 ; 1 vol. 29^{cm}.

ERRATA.

(Séance du 26 juin 1922.)

Note de M. *Joseph Bouget*, Observations sur l'optimum d'altitude pour la coloration des fleurs :

Page 1724, ligne 3, *au lieu de* incomplètement blanches, *lire* complètement blanches ; ligne 22, au lieu de *Allium Sphœnoprasum*, lire *Allium Schœnoprasum*.

(Séance du 3 juillet 1922.)

Note de M. *Pierre Girard*, Au sujet d'une Note de M. L. Lapicque sur le « mécanisme des échanges entre la cellule et le milieu ambiant » :

Page 65, ligne 24, *au lieu de* (moléculisation), *lire* (molécules et ions).

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 17 JUILLET 1922.

PRÉSIDENCE DE M. ÉMILE BERTIN.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Président** souhaite la bienvenue à M. **R. A. Millikan**, secrétaire de l'Académie nationale des sciences des États-Unis; M. **J. R. Mourelo**, secrétaire de la section des sciences physiques de l'Académie des sciences de Madrid, et M. **Th. W. Richards**, professeur de Harvard University, qui assistent à la séance.

M. **A. Lacroix** fait hommage d'une brochure intitulée : *Notes de voyage de Dolomieu en Portugal et en Espagne* (1778).

ASTRONOMIE PHYSIQUE. — *Recherches sur l'atmosphère des étoiles. Propriétés des étoiles qui ont les mêmes radiations et les mêmes couches de la chromosphère que le Soleil.* Note de MM. **H. Deslandres** et **V. Burson**.

Le Soleil appartient à la classe des étoiles jaunes qui forment le tiers des étoiles du ciel et sont rattachées aux deux types de la classification d'Harvard désignés par les lettres G et K. Plus exactement, il est placé dans le groupe G_5, chacun des types G et K étant divisé en sous-types numérotés de 0 à 9.

Le Soleil est la seule étoile dont on peut étudier la structure extérieure. Grâce aux recherches et découvertes des 30 dernières années, on peut reconnaître et photographier en tout temps dans le Soleil quatre couches distinctes superposées, à savoir : la surface extrêmement brillante et trois couches (basse, moyenne et supérieure) de l'atmosphère gazeuse ou chro-

mosphère, décelée par le spectre et d'éclat relativement beaucoup moindre.

Les trois couches chromosphériques sont représentées dans le spectre par trois raies parfaitement distinctes, qui sont contenues dans les larges raies noires H et K du calcium, et sont appelées $H_1 H_2 H_3$ et $K_1 K_2 K_3$. La raie H_2 ou K_2 de la couche moyenne, particulièrement intéressante, est brillante et d'origine électrique: elle offre en son milieu une petite raie noire, H_3 ou K_3, qui décèle la couche supérieure. Une forte dispersion est, il est vrai, nécessaire.

Or les trois raies se retrouvent faibles, mais nettes dans la lumière générale du Soleil, c'est-à-dire dans la lumière que nous enverrait le Soleil, s'il était aussi éloigné de nous que les étoiles. Le fait a été annoncé en 1892 et 1894 par Deslandres, en même temps que son application aux étoiles, ou tout au moins aux étoiles jaunes.

I. Pendant longtemps, le principal obstacle à la reconnaissance des chromosphères stellaires a paru être la forte dispersion, nécessaire avec le Soleil, et difficile à atteindre avec la grande majorité des étoiles. Puis, en 1913, Schwarzschild et Eberhard ont indiqué trois étoiles du type K qui ont montré à Potsdam dans leur spectre peu dispersé les raies brillantes H_2 et K_2; les raies sont obtenues simples et ne montrent pas en leur centre les raies noires fines H_3 et K_3. La conclusion que nous avons tirée de ces faits est que les trois étoiles ont une chromosphère moyenne relativement plus brillante que celle du Soleil. Aussi, après la guerre, en 1920, nous avons décidé de pousser plus loin l'étude de la question, et de rechercher les radiations chromosphériques dans toutes les étoiles jaunes, en commençant par les plus brillantes.

Les appareils utilisés ont été d'abord le spectrographe à fente de la grande lunette, puis une petite chambre prismatique, qui a donné d'excellents résultats. Cette chambre, constituée avec les pièces optiques qui étaient alors disponibles à l'Observatoire, est moins lumineuse que celle employée à Potsdam, mais de dispersion plus forte.

Les conditions pour la reconnaissance de la chromosphère entière d'un astre sont en effet les mêmes que pour la reconnaissance d'une protubérance isolée au bord du Soleil; la raie qui décèle la vapeur apparaît d'autant plus nettement que le spectre est plus étalé. La petite chambre comprend un prisme en flint de 61° et un objectif de $0^m,10$ avec une distance focale de $0^m,80$ seulement; on trouvera plus loin sur elle quelques détails. Le spectre, qui est d'une bonne netteté, offre un intervalle de 18^{mm} entre les raies H_γ de l'hydrogène et K du calcium; à cause de la faible longueur

de la chambre, il souffre peu des fluctuations de l'image imposées par notre atmosphère, et la pose de la plaque photographique peut être longue; elle a parfois dépassé 4 heures.

Nous avons d'abord reconnu cinq étoiles nouvelles qui montrent les raies brillantes H_2 et K_2, caractéristiques de la couche moyenne, et l'une d'elles, Capella ou α Cocher, est du type G, du même type que notre Soleil; les autres appartiennent au type K.

Puis, toujours avec la même chambre, nous avons découvert deux étoiles, ε Gémeaux, du type G_5, et α Orion, du type M_a (non encore représenté dans la liste), qui montrent non seulement les raies brillantes H_2 et K_2, mais, en leur milieu, les raies noires H_3 et K_3 de la couche supérieure. Même la raie K_3 y est environ cinq fois plus large que dans le Soleil (1).

Pendant longtemps, le Soleil a été la seule étoile jaune connue à raies brillantes; après les recherches qui précèdent, le nombre de ces étoiles est porté à 11, et avec cette particularité que les raies brillantes y ont des intensités très différentes. On est conduit à penser que toutes les étoiles jaunes, qui ont chacune une atmosphère et une chromosphère, montreraient ces raies caractéristiques, si elles étaient examinées avec une dispersion suffisante. Cette opinion ne semble pas être celle du Dr Adams, astronome à l'Observatoire du mont Wilson, qui, au dernier Congrès astronomique de Rome, a présidé la Commission de classification spectrale des étoiles. Dans son Rapport, Adams consacre un chapitre entier aux étoiles à raies brillantes; et, en ce qui concerne les types F, G et K, il note simplement : « Les spectres à lignes brillantes y sont tellement rares que l'on ne peut reconnaître aucun groupe caractéristique. » Nous sommes conduits à présenter quelques résultats nouveaux non encore publiés, et à mieux préciser l'état actuel de la question.

Les recherches avec la petite chambre prismatique ont été continuées pendant une partie de l'année 1921; et nous avons reconnu deux nouvelles étoiles à raies brillantes, présentées dans le Tableau ci-contre, qui est semblable aux deux précédents.

Noms des étoiles.	Type spectral.	Éclat visuel.	Appareil employé.	Dates des épreuves.	Remarques sur les raies brillantes.
ε Pégase.....	K	0,25	Ch. prism.	26 août 1921	H_2 et K_2 bien visibles.
β Dragon....	G_5	0,16	Id.	7, 9 et 11 sept. 1921	H_2 et K_2, H_3 et K_3 bien visibles.

Actuellement le nombre d'étoiles à raies brillantes, relevées par la petite

(1) Voir les *Comptes rendus*, t. 172, 1921, p. 405 et 729.

chambre, s'élève donc à 12, et une seule de ces étoiles est du type M_a; les 11 autres sont des étoiles jaunes proprement dites, des types G et K. D'autre part, les étoiles dont le spectre a été photographié avec la même chambre pour cette recherche spéciale, sont au nombre de 25, parmi lesquelles 22 sont du type G ou K, 2 du type F et une seule du type M_a. Ces 25 étoiles ont un éclat visuel supérieur à 0,13, ou plutôt une grandeur photographique inférieure à 4,7; elles sont toutes dans l'hémisphère Nord; car, avec les étoiles plus faibles ou plus basses sur l'horizon, la pose de 3 heures avec la petite chambre prismatique est en général insuffisante. Or, d'après le catalogue de Harvard College, on compte dans l'hémisphère Nord du Ciel seulement 44 étoiles, des types G et K, qui sont plus brillantes que l'étoile limite de grandeur 4,7. D'où la conclusion suivante :

Le quart au moins des étoiles jaunes les plus brillantes, jusqu'à la grandeur photographique 4,7, et probablement la moitié de ces étoiles, montre avec la petite chambre à un prisme les raies brillantes H_2 et K_2, et a donc une chromosphère moyenne notablement plus brillante que celle du Soleil.

De plus, trois de ces étoiles, toujours avec la même dispersion, ont montré en plus les raies noires centrales H_3 et K_3 et donc ont une couche supérieure de la chromosphère plus développée que dans le Soleil.

Ces premiers résultats, obtenus avec de petits appareils, sont très dignes d'intérêt. Les étoiles jaunes à raies brillantes ne sont pas négligeables, et leur nombre serait augmenté facilement et rapidement avec l'emploi d'appareils spectraux, plus puissants par la dispersion et la largeur de l'objectif, surtout si on les utilise en montagne.

Nous sommes déjà entrés dans cette voie, et, dans les derniers mois, nous avons organisé à Meudon :

1° Une seconde chambre prismatique, aussi courte que la précédente (80^{cm} de longueur), mais à deux prismes en flint de 61°. Cette seconde chambre a été placée sur le même support que la chambre prismatique précédente qui est à un seul prisme; ce qui est facile, puisque chacune a un faible encombrement. La pose de l'étoile a lieu en même temps pour les deux chambres;

2° Un spectrographe à fente, de dispersion encore un peu plus grande, muni d'un réchauffeur électrique. La lumière de l'étoile lui est envoyée par le grand sidérostat et un miroir concave détaché provisoirement du grand spectrohéliographe.

Nous avons avec ces deux appareils photographié le spectre de α Bouvier; les raies brillantes H_2 et K_2, qui sont simples avec la chambre à un seul

prisme sont renversées; et la couche supérieure de la chromosphère fait son apparition. Le nombre des étoiles jaunes dont les chromosphères moyenne et supérieure sont révélées et plus importantes que dans le Soleil, est ainsi porté à quatre.

Ces recherches seront continuées aussi loin que le permettent les moyens dont dispose l'Observatoire.

II. Cependant ces premiers résultats conduisent encore à d'autres rapprochements utiles. Les 11 étoiles jaunes et l'étoile rouge (α Orion), dont le spectre a révélé les raies chromosphériques, sont groupées ci-dessous dans l'ordre d'intensité de ces raies avec la petite chambre à un prisme, les plus larges et les plus fortes étant en tête. On a ajouté dans les colonnes suivantes le type spectral et la grandeur visuelle de l'étoile d'après Harvard College, puis la grandeur absolue spectroscopique, la parallaxe spectroscopique et la parallaxe trigonométrique, tirées du beau Mémoire d'Adams de 1921 sur la détermination des parallaxes par la méthode spectroscopique.

Étoiles.	Type spectral.	Grandeur visuelle.	Grandeur absolue spectrosc.	Parallaxe. spectrosc.	Parallaxe. trigon.	Remarques.
				"	"	
β Dragon	G_5	2,99	—3,5	0,005	0,005	H_2 et K_2, H_3 et K_3. Larges et bien visibles.
α Orion	M_a	0,92	—3,8	0,005	0,021	
ε Gémeaux	G_5	3,18	—1,4	0,012	0,009	
ε Pégase	K	2,54	—0.5	0,028	0,006	H_2 et K_2 bien visibles. H_3 et K_3 soupçonnées.
σ Gémeaux	K	4,26	2,6	0,046	0,027	H_2 et K_2 fortes.
α Cocher	G	0,21	0,1	0.076	0,067	H_2 et K_2 assez fortes.
α Bouvier	K	0,24	1,2	0,158	0,075	H_2 et K_2 passables.
α Taureau	K_5	1,06	1,0	0,096	0,055	Id.
β Petite Ourse	K_5	2,24	0,5	0,046	0,014	H_2 et K_2 faibles.
γ Dragon	K_5	2,42	0,6	0,044	0,012	Id.
β Gémeaux	K	1,21	1,7	0,0124	0,064	K_2 seul et faible.
α Bélier	K_2	2,23	0,7	0,150	0,044	Id.

Un premier fait se dégage de l'examen du Tableau (¹). Ces étoiles, qui toutes, ont des chromosphères relativement plus lumineuses et plus importantes que celles du Soleil, sont toutes des géantes, sauf peut-être l'étoile σ Gémeaux, qui est entre les géantes et les naines, mais plus près des géantes, et qui s'en rapproche plus encore si l'on adopte pour elle la parallaxe trigonométrique. De plus, les premières étoiles du Tableau qui ont les

(¹) L'ordre des étoiles dans le Tableau n'est pas absolument définitif; les raies brillantes ont été estimées à l'œil, l'observatoire n'ayant pas encore de microphotomètre.

raies chromosphériques les plus larges, ont aussi la luminosité la plus grande ; et si, d'autre part, on remarque que le Soleil, de grandeur absolue égale à 5,2, est sûrement une étoile naine, il semble bien que l'intensité des raies chromosphériques soit liée étroitement à la luminosité de l'étoile ou, ce qui revient au même, à sa grandeur absolue. Ces faits sont à rapprocher de ceux qui ont conduit Adams et Kohlschütter à leur belle méthode spectroscopique de détermination des parallaxes; il se trouve seulement que les raies à considérer et à comparer ne sont plus uniquement des raies noires, mais aussi des raies brillantes (calcium); et comme ces dernières, à la fois brillantes et noires, sont les plus larges que l'on connaisse, et les plus sensibles aux variations du milieu et de l'état électrique, il est possible que leur emploi assure une amélioration de la méthode américaine.

Un autre fait, déjà signalé dans les Notes précédentes, doit retenir l'attention. Deux étoiles jaunes, l'une géante et l'autre naine, qui ont la même température de la surface, ont cependant des chromosphères d'éclat très différent. Quelle est la cause de ces divergences?

Nous avons déjà indiqué les différences de la densité de la vapeur et de son excitation électrique et Deslandres a invoqué, dans plusieurs Notes antérieures, l'émission, par les couches intérieures et le noyau de l'astre, d'un rayonnement X extrêmement pénétrant ou développé de proche en proche. D'après les expériences de Kohlhörster, un rayonnement semblable agit sur notre atmosphère à la surface de la Terre; il existe aussi, plus ou moins intense, dans les étoiles, étant dû aux températures extraordinairement élevées des couches intérieures qui atteignent plusieurs millions de degrés; et Eddington a montré que ces températures augmentent avec la masse et la densité de l'astre. On comprend l'intensité plus grande de ce rayonnement dans les étoiles géantes et sa répercussion finale sur les phénomènes électriques de l'atmosphère. Dans cet ordre d'idées, qui sera développé prochainement, l'éclat de la chromosphère dépendrait non seulement de la température à la surface, mais de toutes les températures intérieures.

Finalement, après la proportion atteinte dans nos recherches, le nombre des étoiles jaunes à raies brillantes fortes s'annonce comme élevé. Dans un Mémoire tout récent, Curtis a compté 1085 étoiles jaunes dont la parallaxe a été déterminée, et la moitié environ est géante.

III. Cette étude spectrale des étoiles jaunes a été poursuivie avec des moyens très simples, et il convient de les décrire au moins brièvement, ne serait-ce que pour donner du cœur aux jeunes astronomes qui déclarent

ne pouvoir se passer de grands instruments; or, il reste encore beaucoup à faire avec les instruments petits et moyens de nos observatoires.

Les appareils ont été fixés de façon simple à l'équatorial Eichens, qui est d'un type ancien. On a substitué aux deux colliers ordinaires du tube de la lunette une longue pièce en fonte, creuse et de section carrée, perpendiculaire à l'axe de déclinaison. Trois faces de cette pièce peuvent porter des appareils, et une des trois est renforcée et prolongée par une grande table en bois épais, sur laquelle on a placé facilement les diverses chambres prismatiques. La lunette viseur, de 15^{cm} d'ouverture, est à l'intérieur du tube en fonte. Enfin, le mouvement d'horlogerie à régulateur de Foucault a été remplacé par un moteur électrique et une pendule du système Brilié.

Les longues poses, surveillées par Burson, ont été assurées par les précautions suivantes: on diminue l'abaissement de la température des grands prismes de 61°, en interposant entre eux et le ciel un prisme d'angle faible; la dispersion n'est pas modifiée sensiblement, et les grands prismes peuvent être maintenus dans une caisse bien fermée. De plus, on donne avec la main à l'image de l'étoile un déplacement continu très lent dans le même sens, ce qui évite les superpositions de spectres photographiés à des températures différentes.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur l'autoxydation. — Le pouvoir antioxygène. Phénomènes divers se rapportant à l'action antioxygène* (II). Note de MM. **Charles Moureu** et **Charles Dufraisse**.

Nous avons annoncé dernièrement [1] que des traces de certains corps, nommés par nous *antioxygènes*, pouvaient entraver l'autoxydation d'un grand nombre de substances, et que, d'une manière générale, les phénols jouissaient de cette propriété. Nous nous étions surtout attachés, dans cette première communication, à la description qualitative du phénomène. Différentes expériences nous ayant convaincus de son caractère très complexe, il nous a semblé qu'il y avait lieu, tout d'abord, de faire l'examen approfondi d'un cas particulier, et notre choix s'est immédiatement porté sur l'acroléine $CH^2 = CH - CHO$, dont la molécule est fort simple et hautement réactive. Nous donnerons ci-après les résultats généraux obtenus avec quelques polyphénols à fonction simple.

---

[1] *Comptes rendus*, t. 174, 1922, p. 258.

Des phénomènes très variés nous ont paru susceptibles d'être rapportés à l'action antioxygène. Nous présenterons à ce sujet diverses observations dans la seconde partie de la présente Note.

I. *Pouvoir antioxygène.* — *a*. Sur un bain de mercure sont juxtaposés une série de tubes barométriques terminés, à la partie supérieure deux fois recourbée, par un petit réservoir, où l'on a préalablement introduit d'abord des doses du même phénol progressivement croissantes d'un tube au suivant, puis une même quantité d'acroléine. On remplit les tubes d'oxygène pur. Les plus minutieuses précautions ont été prises pour que tous les tubes, sauf la différence des doses d'antioxygène, se trouvent soumis à des traitements bien identiques; et il est important de remarquer, notamment, que, grâce à un dispositif spécial, l'introduction de l'acroléine, ainsi que celle subséquente de l'oxygène, était faite partout simultanément. Aussi toutes nos observations étaient-elles exactement comparables. En fait, nous sommes parvenus à reconnaître des différences d'action très nettes pour des variations relativement faibles de la concentration en antioxygène.

b. Considérons, pour fixer les idées, les expériences exécutées avec l'hydroquinone. Nos essais ont été pratiqués sur la série des 18 concentrations suivantes : $\frac{1}{10}$, $\frac{1}{100}$, $\frac{1}{133}$, $\frac{1}{200}$, $\frac{1}{400}$, $\frac{1}{1000}$, $\frac{1}{1330}$, $\frac{1}{2000}$, $\frac{1}{4000}$, $\frac{1}{10000}$, $\frac{1}{13300}$, $\frac{1}{20000}$, $\frac{1}{40000}$, $\frac{1}{100000}$, $\frac{1}{133000}$, $\frac{1}{200000}$, $\frac{1}{400000}$, $\frac{1}{1000000}$. Les vitesses d'absorption de l'oxygène (ascension de la colonne mercurielle) étaient comparées à celles qu'on pouvait observer dans un tube témoin (acroléine pure, non additionnée d'hydroquinone).

Nous avons porté sur un graphique les courbes représentant l'allure de l'ascension des colonnes mercurielles dans trois cas typiques (acroléine pure ou additionnée de $\frac{1}{10000}$ ou de $\frac{1}{100000}$ d'hydroquinone). Nous donnons également un tableau qui rend compte, pour quelques concentrations, de l'aspect de l'expérience au bout de 24 heures.

Les mêmes essais ont été exécutés, en dehors de l'hydroquinone, avec les polyphénols suivants : pyrocatéchine, résorcine, pyrogallol, oxyhydroquinone, phloroglucine.

c. Nous n'hésitons pas à affirmer que notre méthode est très sensible, en ce sens qu'elle permet de percevoir les plus petites différences entre les vitesses d'oxydation et, par suite, de classer les activités. Par contre, la traduction numérique des résultats est beaucoup plus délicate à effectuer, en raison des trois causes d'indétermination suivantes : 1° La vapeur d'acroléine étant saturée, de faibles variations de la température produisent des

variations relativement importantes de la tension de vapeur. 2° La diffusion de la vapeur d'acroléine, dont la tension est loin d'être négligeable ($215^{mm},4$ à 20°) se fait peu à peu, comme on le voit nettement sur deux des courbes ci-dessous : celle de la concentration du $\frac{1}{10000}$, pour laquelle l'absorption de l'oxygène est sensiblement nulle, baisse régulièrement pendant les premières

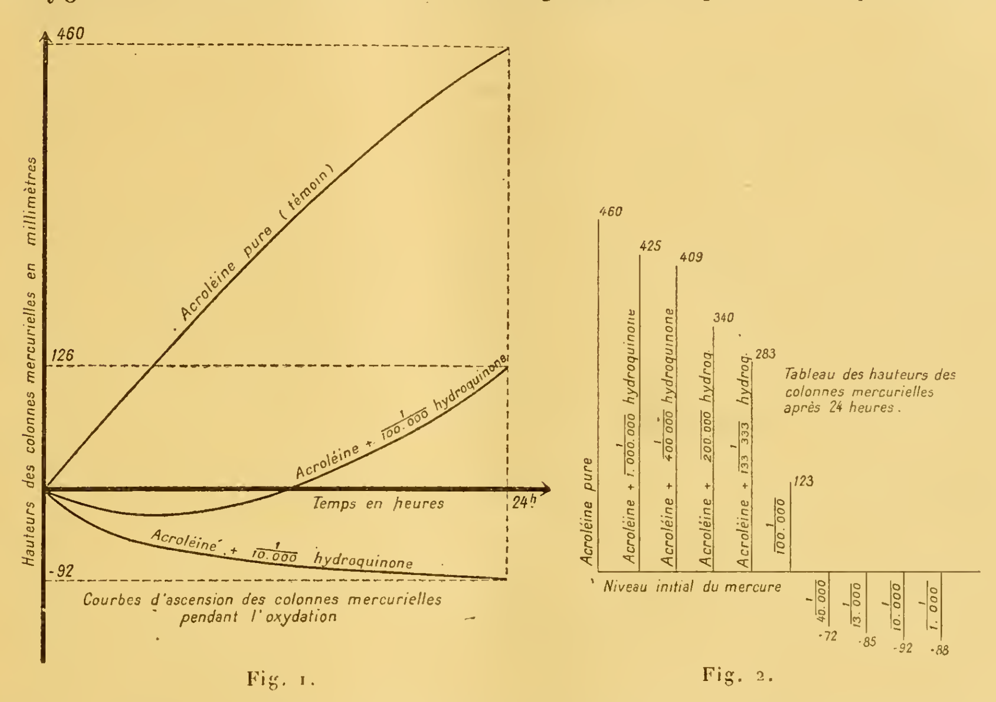


Fig. 1.

Fig. 2.

heures, grâce à la diffusion progressive de la vapeur dans toute la hauteur du tube barométrique; celle de la concentration du $\frac{1}{100000}$ descend d'abord, par suite de la diffusion, pour se relever ensuite, quand l'absorption de l'oxygène devient suffisante; quant à la courbe de l'acroléine pure, la diffusion de la vapeur s'y trouve presque masquée, en raison de l'absorption très rapide de l'oxygène. 3° Lorsqu'on est à l'équilibre, un phénomène parasite (condensation sur les parois de la chambre barométrique, avec rassemblement sur la surface du mercure, d'acroléine pure, ainsi soustraite à la protection de l'antioxygène) se développe lentement, et les observations s'en trouvent gravement inexactes [1]. Aussi nous est-il pour l'instant impossible de fixer par des nombres les valeurs du pouvoir antioxygène de

(1) Un dispositif nouveau est à l'étude, qui devra nous mettre à l'abri des causes d'erreur.

nos polyphénols vis-à-vis de l'acroléine. Mais nous pouvons, en revanche, tirer des conclusions fermes quant à leur classement.

En tête, se place l'hydroquinone (1.4). Viennent ensuite, peu éloignés de l'hydroquinone et assez près l'un de l'autre, le pyrogallol (1.2.3) et la pyrocatéchine (1.2), puis, beaucoup plus loin, avec des activités voisines l'une de l'autre, la résorcine (1.3) et l'oxyhydroquinone (1.3.4). Quant à la phloroglucine (1.3.5), elle se sépare nettement des polyphénols précédents : tandis qu'à certaines concentrations elle retarde l'oxydation, elle l'accélère à d'autres, le maximum de l'activité antioxygène paraissant correspondre à une concentration voisine de $\frac{1}{100}$.

Au cours de ces études, on a parfois constaté des résultats bizarres, capricieux, et même des anomalies. Ainsi il nous est arrivé de voir l'action antioxygène, d'abord bien nette, s'arrêter. Quelquefois, en outre, après une sorte d'incubation, il y a inversion du phénomène, l'oxydation étant accélérée et non retardée. Nous ne pouvons que signaler ici de tels faits, et d'ailleurs les conditions de leur réalisation restent à préciser.

d. Toutes nos expériences ont été faites à la lumière artificielle (lampe à incandescence). Des essais sont en cours à la lumière solaire, qui paraît accélérer notablement les réactions, ainsi qu'à l'obscurité complète.

II. *Phénomènes divers se rapportant à l'action antioxygène.* — Par suite de circonstances spéciales, notre première communication (*loc. cit.*) fut faite dans des conditions un peu précipitées, qui nous obligèrent, à notre grand regret, à laisser momentanément de côté une bibliographie systématique que nous avions commencée (1). Nous avons eu, depuis, la préoccupation bien naturelle de combler la lacune (2), et il est d'ailleurs évident qu'un semblable travail ne pouvait que nous être fort utile pour la continuation de nos propres recherches.

Anciens ou récents, voici, dans cet ordre d'idées, quelques faits.

Phosphore. — Berthollet fait, en 1797, la curieuse remarque que des traces de vapeurs sulfurées empêchent l'oxyluminescence du phosphore dans l'oxygène dilué. C'est la première observation d'action antioxygène que nous ayons rencontrée. Le phénomène a été étudié dans la suite par nombre

---

(1) Nous rappelâmes simplement le fait bien connu que des traces de certains gaz ou vapeurs empêchent la luminescence du phosphore.

(2) On en trouvera la trace dans une Note de la *Revue scientifique*, 1922, n° 4, p. 120, où sont rappelés quelques travaux (nous en parlons plus loin) de Bigelow, de Titoff, d'Auguste Lumière et Seyewetz.

d'autres auteurs : Thénard, Graham, Schœnbein, Centnerszwer, Scharff, Thorpe et Tutton, Van't Hoff, etc. [1].

Composés sulfurés. — A l'oxydation du phosphore et à son empêchement se rattachent de la manière la plus étroite les très récentes observations de Delépine (1922), établissant que des traces de vapeur d'éther, d'aldéhyde, etc., entravent l'oxyluminescence de certains composés sulfurés (thiosulfocarbonate de méthyle, etc.).

Gaz tonnant. — Il résulte des expériences de Davy (1817) et, ultérieurement, de celles de Henry, Graham, Von Meyer, etc., que des proportions relativement faibles de certains gaz, et surtout d'éthylène et d'oxyde de carbone, empêchent l'inflammation du gaz tonnant.

Sulfite de soude. — En 1898, Bigelow observe que beaucoup de composés : alcool benzylique, aldéhyde benzoïque, alcool isobutylique, glycérine, mannite, phénol, etc., possèdent la propriété de retarder l'oxydation du sulfite de soude en solution par l'air.

Young (1901) a étendu le travail de Bigelow a un grand nombre de matières : nicotine, fumée de tabac, sels ammoniacaux, cyanure de potassium, etc.

Les mêmes recherches ont été reprises et poursuivies avec un soin extrême par Titoff (1903), qui s'efforçait de pénétrer le mécanisme de ces étranges réactions. D'après Titoff, l'oxydation serait catalysée positivement par des traces d'impuretés (le sulfate de cuivre serait, sous ce rapport, d'une activité extraordinaire), et c'est en neutralisant le catalyseur positif qu'agiraient les substances empêchantes.

Auguste Lumière et Seyewetz ont à leur tour, en 1905, exécuté un travail fort intéressant, d'où il résulte que l'autoxydation du sulfite de soude est retardée par la présence de l'hydroquinone, de la pyrocatéchine, du pyrogallol, du paraminophénol, de la paraphénylènediamine, de la glycine, etc.

Chlorure stanneux. — Young (1901) a constaté avec ce corps quelques faits analogues à ceux observés par Bigelow avec le sulfite de soude.

Caoutchouc synthétique. — Il est signalé dans un brevet de la *Badische Anilin und Soda Fabrik* (1918) que le caoutchouc synthétique est protégé contre l'autoxydation par la présence de composés phénoliques.

---

[1] Nous avons, de notre côté, commencé des essais sur l'autoxydation du phosphore en présence des phénols; les premiers résultats en ont été résumés au *Bulletin de la Société chimique* (juin 1922, p. 534).

Huiles essentielles. — Les matières autoxydables que l'on rencontre dans les huiles essentielles (aldéhydes, composés non saturés divers) s'y conservent généralement mieux que quand elles sont à l'état pur. A nos yeux, le fait doit tenir à la présence de produits phénoliques dans les essences naturelles.

Axonge. — Deschamps établit, en 1843, que l'axonge benzoïnée ou populinée, contrairement à l'axonge pure, ne rancit point. Nous en rapportons la cause à l'action antioxygène des composés phénoliques présents dans la résine de benjoin (vanilline) ou des bourgeons de peuplier (saligénine et dérivés).

Soie. — D'après un brevet français de la *Societa anonima cooperativa* (1905), la thiourée, l'hydroquinone et leurs dérivés protègent les soieries contre « la lumière, la chaleur et les agents atmosphériques ».

Conclusions. — Quoique notre travail de bibliographie soit loin d'être achevé, les faits très divers que nous venons de rassembler suffisent à faire prévoir qu'un grand nombre de phénomènes pourront être rangés dans le cadre de l'action antioxygène. Et nous rappellerons, à ce propos, que nous avons présenté antérieurement (*loc. cit.*) toute une série de considérations biologiques du point de vue de l'action antioxygène des phénols.

ÉLECTRICITÉ. — *Sur les lampes à trois électrodes, anode, cathode et grille intermédiaire, où le courant est transporté par des ions, et leurs applications.* Note (1) de M. **Maurice Leblanc**.

Dans ces lampes, l'espace compris entre l'anode et la cathode ne se charge pas. Une douzaine de volts peut alors y faire passer des centaines d'ampères, mais elles ne jouissent pas de toutes les propriétés des lampes à trois électrodes, où le courant est transporté par des électrons, et on doit les utiliser autrement.

La figure 1 représente une lampe à trois électrodes et à vapeur de mercure. Elle se compose d'une ampoule soigneusement purgée d'air où sont disposées une anode *a* en fer ou en charbon, une grille métallique *b* et une cathode *c* constituée par un globule de mercure. Une anode auxiliaire *d* permet de faire jaillir *continuellement* un arc entre elle et la cathode, afin de maintenir la lampe toujours amorcée.

Un courant ne peut traverser cette lampe qu'en allant de l'anode *a* à la cathode *c*.

---

(1) Séance du 10 juillet 1921.

Si l'on rend la grille d'une de ces lampes négative par rapport à la cathode, pendant qu'un courant passe, la grille se recouvre d'une gaine d'ions positifs : ils annulent l'effet de sa charge et l'on n'interrompt pas le courant, comme il arriverait avec une lampe à électrons. Mais si, en agissant sur le circuit extérieur à la lampe, on interrompt ce courant, pendant un temps qui peut être extrêmement court, la grille étant négative, celle-ci résorbe les ions positifs déposés sur elle et empêche ensuite l'émission d'électrons par la cathode, comme dans une lampe à électrons.

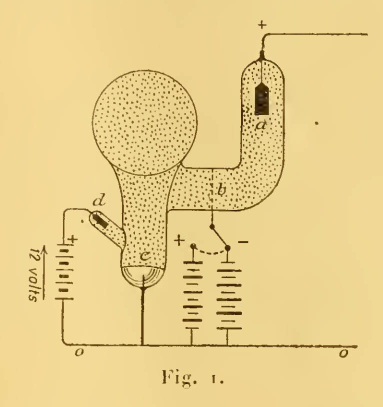


Fig. 1.

On ne peut plus rétablir le courant, tant que la grille demeure négative. Il faut, pour cela, rendre sa charge nulle ou positive.

Nous avons constaté ces propriétés en décembre 1915, à la station de la Tour Eiffel. En voici deux applications.

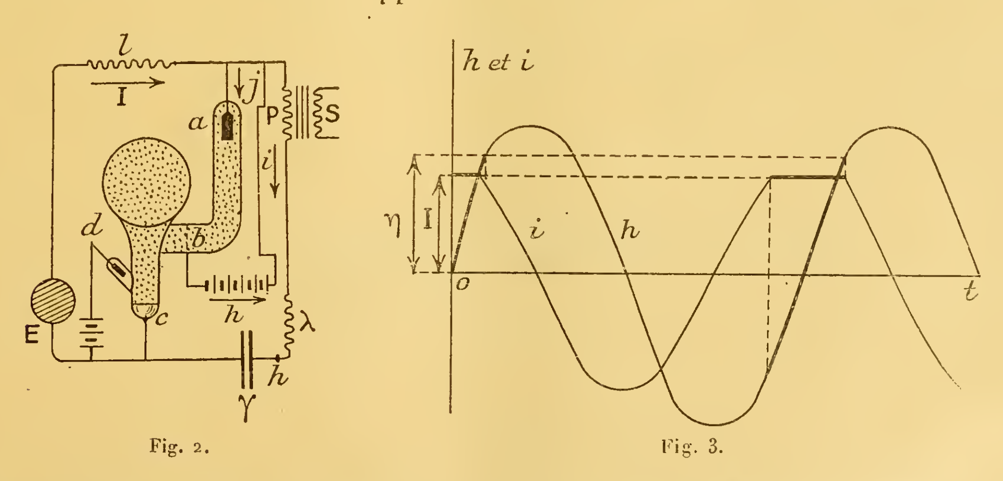


Fig. 2.

Fig. 3.

I. *Transformation d'un courant continu en courant alternatif de fréquence élevée* (*fig.* 2). — Un circuit comprend : 1° une source de force électromo-

trice constante E; 2° une bobine ayant un coefficient de self-induction l s'opposant à toute variation appréciable de l'intensité I du courant débité par la source E, pendant la durée d'une période du courant alternatif que l'on veut produire; 3° le circuit primaire P d'un transformateur, dont le circuit secondaire S dessert le réseau d'utilisation; 4° un résonateur composé d'une bobine ayant un coefficient de self-induction λ et d'un condensateur de capacité γ. Entre la sortie de la bobine et l'entrée de la source E, on monte en dérivation une des lampes précédentes maintenue amorcée et l'on relie sa grille à l'anode a par un circuit contenant une source de force électromotrice η.

Supposons la cathode c au potentiel zéro et désignons par h le potentiel à l'entrée du condensateur, par i l'intensité du courant dans la bobine λ et par j celle du courant traversant la lampe. Celle du courant qui ira à la grille sera inappréciable,

Si, une fois le régime établi, l'intensité j s'annule : la grille est alors négative, le courant ne peut se rétablir dans la lampe et le courant d'intensité I va charger le condensateur. Mais, dès que l'on a $h = \eta$, la grille cesse d'être négative et la lampe met en court circuit le résonateur, dont le courant de décharge oscille, en s'amortissant, avec une fréquence α peu différente de $\frac{1}{2\pi\sqrt{\gamma\lambda}}$. Si l'énergie $\frac{1}{2}\gamma\eta^2$ est supérieure à $\frac{\mathrm{E}l}{\alpha}$, l'intensité i redevient égale à I : l'intensité j devient nulle, alors que la grille est négative, et le demeure jusqu'à ce que le potentiel h soit redevenu égal à η....

Nous produisons ainsi des ondes entretenues : l'intensité i et le potentiel h varient, comme le montrent les courbes de la figure 3.

Les ondes positives ont leur crête arrasée, mais elles sont d'autant moins déformées que la quantité d'énergie $\frac{1}{2}\lambda \mathrm{I}^2$ est plus grande par rapport à la quantité $\frac{1}{2}\gamma\eta^2$. Si celle-ci est petite, par rapport à la première, la tension aux bornes du réseau d'utilisation est constante.

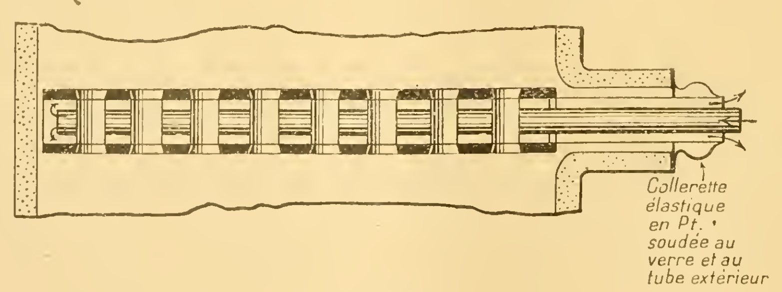


Fig. 4.

Faisons, par exemple, E = 500 volts, I = 20 ampères, $\alpha = 20000$. Nous devons faire $\gamma\eta^2 = 1$ joule et, afin que les ondes soient peu déformées, faisons $\lambda \mathrm{I}^2 = 4$ joules. Il en résulte $\lambda = 0{,}01$ henry, $\gamma = 0{,}00633$ microfarad et $\eta = 12566$ volts.

Pour que cette tension ne puisse faire éclater un arc entre l'anode a et la grille, il faut rendre le circuit de grille très résistant, Toutefois, si l'on exagérait, la grille ne pourrait plus résorber presque instantanément les ions positifs qui la recouvriraient, au moment où l'intensité j s'annulerait, ainsi que les ions encore libérés dans son voisinage par l'agitation moléculaire ou les rayons ultraviolets émis par la cathode. On évitera toute difficulté en refroidissant la grille par un courant d'eau ou d'huile, ce qui permettra de réduire suffisamment la résistance de son circuit sans qu'elle puisse, en s'échauffant, se transformer en cathode. La figure 4 montre comment on peut la disposer pour cela.

Ce mode de transformation doit être d'un très bon rendement. En effet, la lampe se comporte comme un robinet toujours ouvert en grand ou complètement fermé. Au contraire, la lampe hétérodyne fonctionne comme un robinet toujours étranglé, dont on fait varier périodiquement l'armature, et son rendement est au plus de 0,45. Nous n'avons pu encore expérimenter ce mode de production des courants alternatifs de fréquence élevée, mais avons exposé dès à présent son principe, parce qu'il se combinera avec le mode de transformation suivant, déjà réalisé, pour constituer un nouveau système de traction électrique que nous décrirons dans une autre Note.

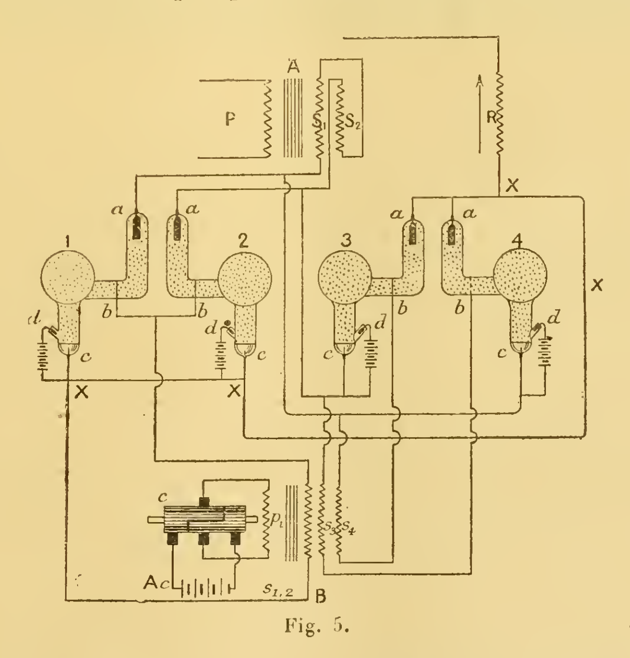


Fig. 5.

II. *Transformation de courants alternatifs de fréquence élevée en courants alternatifs de fréquence usuelle et variable à volonté.* — L'appareil employé (*fig.* 5) se compose : 1° d'un transformateur A, dont le circuit

primaire P reçoit le courant à transformer. Il a deux circuits secondaires S_1 et S_2 identiques mais connectés différemment : le point d'entrée du premier et le point de sortie du second sont reliés à un point neutre O; 2° de quatre lampes semblables aux précédentes 1, 2, 3 et 4. L'anode de la lampe 1 et la cathode de la lampe 4 communiquent avec le point de sortie du circuit S_1. L'anode de la lampe 2 et la cathode de la lampe 3 communiquent avec le point d'entrée du circuit S_2. Enfin les cathodes des lampes 1 et 2 et les anodes des lampes 3 et 4 communiquent avec un conducteur XX et le circuit d'utilisation R est branché entre ce conducteur et le point neutre O.

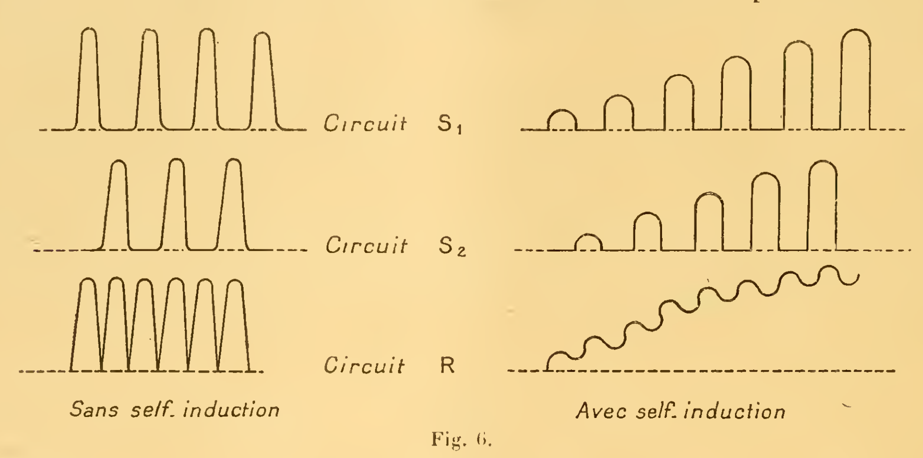


Fig. 6.

On dispose, pour charger les grilles d'un petit transformateur B, dont le circuit primaire p reçoit un courant, fourni par une batterie Ac, et périodiquement inversé par un commutateur C. La fréquence du courant obtenu est égale à la vitesse de rotation de ce commutateur. Le transformateur B a trois circuits secondaires $s_{1,2}$, s_3, s_4. Le circuit $s_{1,2}$ est branché entre les grilles réunies en parallèle des lampes 1 et 2 et le conducteur XX : il les rend simultanément positives ou négatives par rapport à leurs cathodes. Les circuits s_3 et s_4 sont branchés, le premier entre la grille et la cathode de la lampe 3 et le second entre celles de la lampe 4. Les connexions sont faites de façon que les grilles des lampes 1 et 2 soient positives, pendant que celles des lampes 3 et 4 sont négatives, et réciproquement.

Supposons positives les grilles des lampes 1 et 2 au moment où l'on ferme le circuit R. Un courant ne peut le parcourir que dans le sens de la flèche de la figure 5. Il se fermera en traversant soit la lampe 1 et le circuit S_1, soit la lampe 2 et le circuit S_2.

Si le circuit R n'a aucune self-induction, l'intensité du courant variera dans les circuits S_1, S_2 et R comme le montre la figure 6. S'il en a, elle croîtra graduellement, comme il est aussi montré sur cette figure.

Rendons maintenant négatives les grilles des lampes 1 et 2 et positives celles des lampes 3 et 4. Si le circuit R a de la self-induction, le courant qui le traverse ne peut changer immédiatement de sens en s'annulant et, tant qu'il ne l'a pas fait, il ne peut franchir les lampes 3 et 4, ne pouvant aller de leur cathode à leur anode.

Au moment de l'interversion, il traversait, par exemple, la lampe 2. Il ne peut plus se rétablir dans la lampe 1, dont la grille a été rendue négative alors qu'il n'y passait pas de courant. Il continue donc à traverser la lampe 2 et le circuit S_2. Mais la force électromotrice alternative développée dans ce circuit ne peut l'entretenir.

Il s'amortit et, après s'être annulé, se rétablit à travers les lampes 3 et 4 en parcourant le circuit R en sens inverse de la flèche.

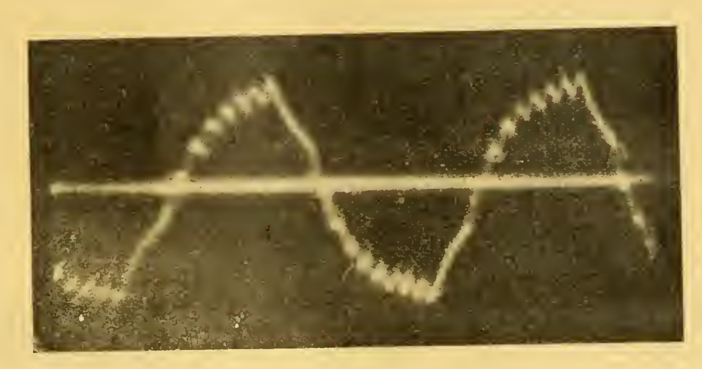


Fig. 7.

L'oscillogramme de la figure 7 relevé pendant la transformation d'un courant de fréquence 500 en courant de fréquence 50, avec un circuit R constitué par une résistance inductive, montre qu'il en est bien ainsi.

Or, si le courant continue à passer dans la lampe 2, tandis que les grilles des lampes 3 et 4 sont devenues positives, un courant de court-circuit se ferme à travers les lampes 2 et 4 et les circuits S_1 et S_2, chaque fois que les forces électromotrices développées dans ceux-ci tendent à faire entrer le courant par l'anode de la lampe 2 et sortir par la cathode de la lampe 4, soit pendant la moitié du temps. Pour l'éviter, il faut faire embrasser un arc plus grand à la coquille du commutateur C reliée au pôle négatif de la batterie Ac qu'à celle reliée à son pôle positif, afin que le courant traversant la lampe 2 puisse s'amortir entre le moment où la grille de cette lampe cesse d'être positive et celui où les grilles des lampes 3 et 4 commencent à l'être; moyennant cette précaution, on obtiendra un très bon rendement.

D'autres expériences ont montré que l'on pouvait de même, en rendant successivement positive et négative la grille d'une lampe, couper ou rétablir des courants alternatifs de fréquence 30000.

Enfin, en disposant de plusieurs appareils semblables alimentés par d'autres circuits secondaires S'_1, S'_2, S''_1, S''_2, ..., excités par le même circuit primaire P et dont les commutateurs, montés sur un même axe, soient successivement décalés les uns par rapport aux autres, on produirait des courants déphasés.

MÉCANIQUE. — *Les déterminismes mécaniques et la notion de milieu; orbites pseudo-elliptiques et orbites circulaires.* Note (¹) de M. **Jules Andrade.**

I. V désignant la vitesse d'un point matériel en mouvement par rapport à des repères géométriques *liés à l'état d'équilibre moyen* d'un milieu où baignent tous les points matériels observables, j'envisage une force $\overline{F}$ prévue par la situation actuelle du mobile, et l'accélération $\overline{J}$ actuelle du mobile, dans ce même mouvement; enfin j'admets que soit acceptée pour relier les deux vecteurs $\overline{F}$ et $\overline{J}$ la loi suivante généralisant celle de Galilée et Newton :

$$(1) \qquad \overline{F} \leftrightharpoons m\overline{J}\,\varphi(V^2);$$

la fonction $\varphi(W)$ positive et croissante de la variable $W = V^2$ est supérieure à 1 et voisine de 1 pour W infiniment petit.

J'envisage en même temps un système de points matériels, soumis à des forces newtoniennes, émanant d'un même centre d'attraction fixe dans le milieu, la force sollicitant la masse m à distance γ étant $\overline{F} = \frac{m\mu}{\gamma^2}$. Chaque trajectoire est plane, le théorème des aires et l'intégrale des forces vives sont applicables, cette dernière sous la forme

$$(2) \qquad \frac{1}{2}\psi(V^2) = \frac{\mu}{\gamma} + h; \qquad \psi(W) = \int_0 \varphi(W)\,dW.$$

II. Adoptons par exemple pour fonction φ la fonction

$$\varphi(W) = \frac{1}{(1-\beta W)^2};$$

le coefficient β nécessairement positif est ici envisagé comme étant en corrélation avec la dissipation d'énergie immédiatement opérée par le milieu qui subit de la part du point matériel considéré la petite impulsion $mJ\,dt$, cette dissipation paraît inévitable vu que le milieu est indéfini; il peut y avoir ainsi absorption d'énergie sans résistance passive proprement dite; et même si le milieu ambiant exerce une pression normale tout autour de la masse m, on peut admettre, conformément à certain paradoxe de d'Alembert sur les

(¹) Séance du 10 juillet 1922.

fluides, que le mouvement uniforme d'une planète dans le milieu ne donne lieu à aucune résistance passive due au milieu. Avec cette particularisation de la fonction φ, l'intégrale des forces vives prend la forme

$$(3) \qquad \frac{W}{1-\beta W} = 2(\mu\rho + h) \equiv \sigma;$$

ρ désignant pour abréger $\frac{1}{r}$, et h une constante d'intégration.

L'équation différentielle de la trajectoire est alors en coordonnées polaires θ et ρ :

$$(4) \quad d\theta = d\sigma \sqrt{\frac{1+\beta\sigma}{k^2\sigma - (1+\beta\sigma)(\sigma - 2h)^2}} \qquad \left(k^2 = \frac{4\mu^2}{c^2};\ c = \text{const. des aires}\right).$$

Mais pour β très petit et pour les valeurs modérées de W on peut ramener le problème aux fonctions simples par la formule d'approximation suivante

$$(5) \qquad d\theta = \frac{d\sigma}{\sqrt{k^2\sigma(1-\beta\sigma) - (\sigma - 2h)^2}}.$$

Cette approximation fournit des trajectoires *pseudo-elliptiques* dont l'équation peut être réduite au type

$$(6) \qquad \frac{1}{r} = A + B\cos(g\theta), \qquad g = \sqrt{1 + k^2\beta}.$$

La famille continue de trajectoires elliptiques est perdue, bien que l'on puisse considérer des trajectoires circulaires.

III. *Orbites circulaires, cas où serait maintenue la troisième loi de Képler.* — Examinons les conditions de ces orbites circulaires, sur l'équation (4) elle-même et non plus sur sa remplaçante approchée (5).

Si l'orbite (4) est une circonférence de cercle de rayon R avec vitesse angulaire constante ω, on devrait avoir

$$(7) \qquad \frac{\omega^2 R}{(1 - \beta\omega^2 R^2)^2} = \frac{\mu}{R^2}.$$

Dans le cas réduit et physiquement approché d'une masse prépondérante utilisée comme fixe, *pourrait-on constater la conservation de la troisième loi de Képler? savoir :*

$$(8) \qquad \omega^2 R^3 = \omega'^2 R'^3 = \ldots = \nu.$$

De la comparaison des formules (7) et (8) on déduit alors

$$(9) \qquad \frac{\nu}{\left(1 - \frac{\beta}{R}\nu\right)^2} = \mu, \qquad \text{d'où} \qquad \frac{\beta}{R}\nu = \frac{\sqrt{\mu} - \sqrt{\nu}}{\sqrt{\mu}},$$

ou encore

$$(9\ bis)\qquad \frac{\beta}{R} = \frac{\beta'}{R'} = \frac{\beta''}{R''}, \quad \ldots.$$

En d'autres termes encore, le produit βW serait constant sur chaque orbite circulaire.

IV. Une conclusion analogue subsiste dans le cas où, à chaque orbite circulaire ou à la masse physique qui circule sur elle, serait attachée une fonction φ variable aux distances R_1, R_2, ..., R_n, ... correspondant à ces orbites; en effet, on aurait alors, avec des fonctions φ_1, φ_2, ..., φ_n, ... afférentes à ces masses influencées,

$$\varphi_1\left(\frac{\nu}{R_1}\right) = \varphi_2\left(\frac{\nu}{R_2}\right) = \ldots = \varphi_n\left(\frac{\nu}{R_n}\right)\ldots = \frac{\mu}{\nu}.$$

D'où l'on tire alors cette conclusion assez curieuse relative à l'hypothèse de la conservation de la troisième loi de Kepler.

V. Dans la mécanique de Galilée-Newton, $\mu = \nu$, $\varphi(w) = 1$, quel que soit W; dans la mécanique généralisée, appuyée sur la notion de milieu, il est impossible que l'on puisse conserver la troisième loi de Kepler et qu'en même temps les fonctions φ_1, φ_2, ..., φ_n ne soient pas diversifiées. On peut même aller plus loin; la fonction φ étant croissante ne peut pas être commune à deux planètes différentes de rangs différents, si le système planétaire envisagé à masse centrale prépondérante a son centre fixe.

BOTANIQUE. — *Légitimité des genres* Laverania *et* Nocardia. Note de M. **Paul Vuillemin**.

En rappelant le nom d'un savant dans celui d'un genre botanique ou zoologique, les naturalistes ont l'intention de l'honorer. Mais le sentiment le plus respectable ne saurait prévaloir contre le code de la nomenclature, dont le respect est indispensable à la stabilité et à la clarté du langage.

La légitimité des genres dédiés à Laveran et à Nocard est contestée au nom de la règle de priorité. Nous n'aurions qu'à enregistrer leur suppression si les noms antérieurs répondaient aux conditions prescrites pour un nom générique valable. Nous allons voir qu'il n'en est rien.

Le genre *Laverania* Grassi et Feletti 1889 ne doit pas disparaître devant le prétendu genre *Plasmodium* Marchiafava et Celli 1885. En appliquant aux agents du paludisme le nom jusqu'alors réservé au syncytium des Mycétozoaires, ces auteurs indiquaient une analogie superficielle entre les

cellules en voie de séparation des rosaces de Laveran et les cellules en voie d'agglomération des plasmodes. Ils ne décrivaient pas une espèce-type, condition requise pour qu'un nouveau genre soit valable. Ils songeaient si peu à fixer la place de ces Protozoaires dans un genre *Plasmodium*, qu'en 1891, Celli parle de l'*Amœba febris quartanæ*, tandis qu'avec Bignani, Marchiafava décrit l'*Amœba febris quotidianæ* et l'*Amœba febris tertianæ æstivoautumnalis*. Ces phrases n'ont rien de commun avec la nomenclature binominale bénéficiant de la loi de priorité.

Golgi (1889) ne se préoccupe pas davantage de genre ou d'espèce lorsqu'il mentionne des différences entre les *Plasmodium* var. *quartana* et var. *tertiana*.

Le genre *Laverania* est légitime, attendu que Grassi et Feletti l'ont décrit avec une espèce-type *Laverania malariæ* et qu'ils l'ont fondé sur les corps en croissant ou gamontes, organes reproducteurs dont la valeur systématique est universellement reconnue. Ils ont employé concurremment le nom d'*Hæmamœba* pour désigner, non pas un genre différent, mais un état transitoire du développement, de même que Danilewsky appelle les formes successives d'un même parasite *Hæmosporidium*, *Polymitus*, *Pseudospirillus*.

Le genre *Nocardia* de Toni et Trevisan 1889 est fondé pour des Champignons dont les filaments se fractionnent en arthrospores comme ceux des *Mycoderma*; mais le mycélium est fin, généralement continu, se morcelant en articles bacilliformes ou cocciformes. Il ne fait double emploi, ni avec le genre *Oospora* Wallroth 1833 dont l'extension est plus vaste, ni avec les genres *Streptothrix* Corda 1839, *Actinomyce* Meyen, qui ont des conidies, ni avec le genre *Cladothrix* Cohn 1875 qui appartient aux Myxophycées. Malgré l'addition d'une lettre finale, l'*Actinomyces* Harz 1877 est rejeté comme homonyme d'*Actinomyce*.

On prétend que *Nocardia* tombe en synonymie de *Discomyces* Rivolta 1878; c'est rééditer l'erreur commise au sujet des *Plasmodium*; par le mot *discomices* (non *Discomyces*), Rivolta désigne l'aspect discoïde des colonies; il ne donne pas de diagnose générique. Le même vocable est appliqué au *Discomices bovis* Rivolta 1878 qui est peut-être le *Nocardia bovis*, au *Discomices equi* Rivolta et Micellone 1879 qui est le *Micrococcus equi*, au *Discomices pleuriticus canis familiaris* Rivolta 1884, autre *Micrococcus* trouvé dans un ostéosarcome de la mâchoire inférieure du chien; il parle en général des *discomiceti patogeni* pour des parasites qui diffèrent des Champignons de l'ordre des Discomycètes autant qu'ils diffèrent entre eux.

Aussi bien que le genre *Laverania*, le genre *Nocardia* est légitime. Ces noms subsisteront comme un hommage rendu à deux illustres savants français par leurs émules d'Italie.

M. Boussinesq offre à l'Académie des Sciences, en son nom et au nom de l'éditeur (Maison Gauthier-Villars), un volume intitulé : *Compléments au Tome III du Cours de Physique mathématique de la Faculté des Sciences; conciliation du véritable déterminisme mécanique avec l'existence de la vie et de la liberté morale*. Et il ajoute :

« Ces compléments débutent par un aperçu très succinct sur l'existence probable de corps *mous* (dans le genre d'un amas de laine non pressée) qui semblent résister beaucoup plus aux petits glissements mutuels de leurs couches qu'à leurs petits rapprochements; de manière à transmettre *avec une célérité sensible* des vibrations *transversales*, à l'exclusion de vibrations *longitudinales*, *comme l'éther lumineux*, mais pour d'autres raisons que celui-ci, où l'espacement des atomes est sans doute suffisant pour supprimer leurs plus fortes répulsions mutuelles. Vient ensuite un Chapitre assez étendu sur l'aplatissement, par la *tension superficielle*, d'une goutte liquide de révolution, possédant une vitesse angulaire donnée de rotation autour de son axe. Ce problème fournit une belle application physique des intégrales elliptiques. Dans le cas simple d'une vitesse angulaire modérée, ne produisant qu'un faible aplatissement, le diamètre équatorial est sensiblement la moyenne proportionnelle entre le diamètre polaire et celui de la goutte supposée en repos ou sphérique.

» Tout le reste du volume constitue un complément à la cinquième Partie du Tome III, concernant la mécanique des organismes vivants. C'est une étude physico-mathématique, sur une importante question de philosophie naturelle qui préocupe, depuis plus de deux siècles, un grand nombre d'esprits.

» Que présentent de particulier, pour le mécanicien géomètre, ces curieux systèmes matériels qu'on appelle des organismes ? Si la vie à ses divers états est la manifestation d'un principe directeur spécial, comme l'affirme le bon sens et comme l'admettent Berzélius, Claude Bernard, Cournot, etc., comment ce principe directeur peut-il présider à la formation des organes et influer sur leurs mouvements, sans créer ni détruire aucune énergie, sans disposer même d'aucune force mécanique, physique ou chimique, évaluable en poids ou par son travail, ainsi que l'ont conclu de

leurs expériences les plus grands physiologistes et chimistes contemporains? Telle est la question que j'y aborde. J'en indique, et en développe pour les cas les plus simples, l'unique solution, constituée par des bifurcations de voies, c'est-à-dire par la multiplicité des intégrales qu'admettent dans des circonstances singulières, à partir d'un même état initial, les équations différentielles du mouvement de certains systèmes matériels. De pareils cas existent, contrairement à une opinion généralement enseignée, depuis Leibniz, dans les Cours de Mécanique. Le volume présenté a justement pour but principal d'établir ce fait, d'en signaler des exemples et de montrer que le principe de détermination qui doit alors suppléer à l'insuffisance des équations différentielles, n'est pas une force au sens des géomètres, c'est-à-dire n'est pas une cause modifiant les accélérations des points du système dans des situations données.

» L'Analyse ne peut actuellement examiner en détail, de ce point de vue, que des systèmes très simples, infiniment moins complexes que ne sont les organismes connus. Cependant, dès ses premiers pas dans la voie nouvelle, elle prouve à sa manière l'impossibilité pratique de la génération spontanée. Persistance en quelque sorte indéfinie (pour des conditions de milieu assez favorables) de la *vie une fois produite*, mais probabilité infiniment faible de première réalisation des circonstances physico-chimiques propres à l'apparition d'êtres vivants dans un système matériel limité, tel est le double fait qui se révèle au géomètre dès l'étude d'un couple d'atomes.

» Accessoirement, je suis amené à traiter diverses questions fondamentales, intéressant soit la science proprement dite, soit la philosophie des mathématiques. Telles sont, en particulier : l'interprétation de la continuité et de l'asymptotisme dans les applications de l'Analyse aux choses réelles; l'analogie du mécanisme de la vie avec celui d'un mouvement ondulatoire; la dissipation de l'énergie et la réversion des mouvements purement matériels; le rôle et la légitimité de l'intuition géométrique; la notion des forces mécaniques; l'application du *seuil* des sensations à une théorie possible de certains *quanta* et à l'explication de l'extrême difficulté, sinon même parfois de l'impossibilité, que nous éprouvons à percevoir les phénomènes *intra-moléculaires* ou atomiques (notamment chimiques, électriques, etc.), contrairement à ce qui arrive pour les phénomènes *intermoléculaires* ou physiques *proprement dits* : distinction capitale, d'où résulte peut-être une manière d'apprécier approximativement, d'un côté, par les *efforts musculaires sentis*, de l'autre, par la *fatigue nerveuse éprouvée*, les énergies respectivement *physique* et *chimique* dépensées dans certaines opérations de notre organisme. »

NOMINATIONS.

M. **Daniel Berthelot** est désigné pour faire, au nom de l'Académie des Sciences, une lecture à la séance solennelle des cinq Académies.

Sont adjoints à la délégation française à l'assemblée du Conseil international de recherches, qui aura lieu à Bruxelles du 25 au 29 juillet : M. **Henri Cordier**, Membre de l'Académie des Inscriptions et Belles-Lettres; MM. **Henriot**, **Marius Latour**, **Jacques Liouville** et **Reizler**.

CORRESPONDANCE.

ASTRONOMIE. — *Coordonnées du pôle galactique, déduites de la distribution des étoiles dans la zone de Paris du Catalogue astrophotographique.* Note (¹) de M. **Jules Baillaud**, présentée par M. B. Baillaud.

Les condensations nébuleuses ou stellaires qui forment la Voie lactée proprement dite sont disposées sur une zone de la sphère céleste assez bien définie pour que les diverses déterminations du pôle de leur plan moyen déjà faites s'accordent à quelques degrés près. L'axe de ces condensations paraît aussi être axe de révolution pour l'amas galactique qui présente en première approximation une réelle symétrie à la fois par rapport à cet axe et par rapport au plan moyen des condensations. Il importe assurément pour l'étude des problèmes d'astronomie sidérale de fixer le mieux possible la position du pôle galactique : les résultats des dénombrements publiés dans les *Comptes rendus* du 2 juillet permettent de vérifier la valeur des coordonnées admises pour lui, d'autant mieux que le pôle galactique se trouve très près de la zone étudiée.

Les coordonnées qui servent de point de départ aux travaux des astronomes de l'école de Kapteyn sont :

$$\text{Æ} = 12^{h}42^{m} = 190^{\circ},5, \qquad D = +27^{\circ}13' \qquad (1900).$$

(¹) Séance du 10 juillet 1922.

Sans faire état des causes dont dépend le nombre d'étoiles d'une magnitude donnée visibles dans l'angle solide unité, si l'amas galactique a un axe de révolution passant par ce pôle, comme le supposent les recherches faites jusqu'ici, on devrait trouver le même nombre d'étoiles dans l'unité d'angle solide, pour les mêmes colatitudes galactiques. Dans le graphique 1 tracé

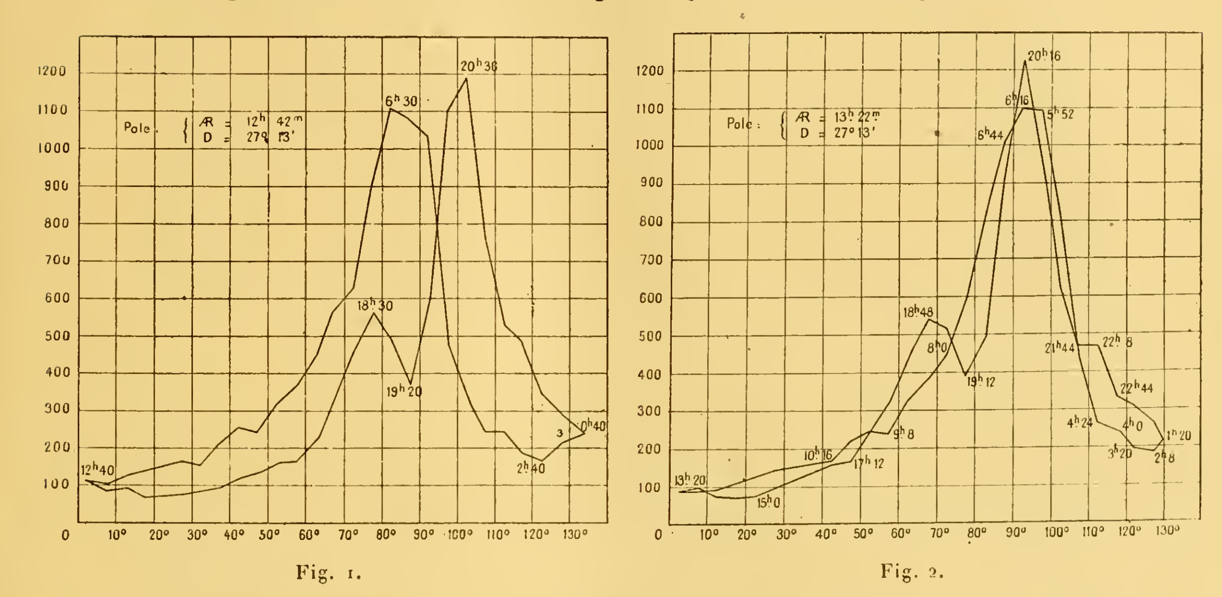


Fig. 1. Fig. 2.

en portant en abscisses les colatitudes galactiques et en ordonnées le nombre moyen des étoiles sur la surface d'un cliché (moyenne obtenue en groupant tous les clichés, au moins neuf, compris dans les zones galactiques de 5° de large), j'ai relié par un trait les points représentatifs successifs rencontrés tout le long de la zone. La même colatitude galactique se retrouvant pour deux points d'ascensions droites différentes, on obtient naturellement deux branches de courbe, mais ces deux branches devraient être en moyenne superposées si l'axe choisi était vraiment un axe de révolution. La figure 1 montre qu'il n'en est rien, les deux branches offrent cependant assez de ressemblance pour qu'on puisse espérer les rendre superposables par un changement convenable du pôle galactique.

La courbe donnant la distribution des étoiles par Æ (¹) peut servir à déterminer les coordonnées du pôle galactique qui satisfait le mieux aux données de notre zone, dans l'hypothèse, d'accord avec nos connaissances actuelles, où le soleil est dans la région centrale de l'amas stel-

(¹) *Comptes rendus*, t. 175, 1922, p. 22.

laire. Si le soleil était exactement au centre de l'amas, le plan contenant l'axe de la sphère céleste et l'axe galactique serait un plan de symétrie pour la distribution des étoiles dans notre zone; les points de la zone dont les Æ sont celles des maxima des densités stellaires seraient situés dans le plan galactique; la moyenne de ces Æ serait l'Æ du pôle galactique; sa déclinaison se déduirait par des considérations géométriques très simples de la déclinaison de la zone et de la différence d'Æ des deux maxima. Si le soleil, sans être au centre de l'amas galactique n'en est pas trop éloigné, on peut encore admettre que les Æ des maxima stellaires sont celles des directions de visée dans l'équateur galactique et que la moyenne de ces Æ donne l'Æ du pôle de ce plan sur la sphère céleste. Mais alors les données des dénombrements ne permettent plus de définir la déclinaison du pôle galactique, la différence d'Æ des maxima étant, cette fois, fonction à la fois des déclinaisons de la zone et du pôle galactique et de la latitude galactique du plan central de l'amas stellaire.

Par suite de cette insuffisance des données j'ai simplement cherché à tirer des dénombrements l'Æ du pôle galactique. Les Æ des maxima de densité stellaire ont pour valeurs approximatives 6^h20 et 20^h25. L'Æ moyenne, qui serait celle du pôle galactique est 13^h22.

Conservant la déclinaison adoptée par Kapteyn 27°13′, j'ai calculé les nouvelles coordonnées galactiques des clichés de la zone. Le graphique 2 représente alors la distribution des étoiles par colatitude galactiques. Les deux branches de la courbe sont cette fois convenablement superposées. Tout au moins pour notre zone les nouvelles coordonnées satisfont donc mieux que les anciennes à la distribution des étoiles d'une magnitude inférieure à la magnitude 12,5 environ limite des étoiles sur lesquelles ont porté nos dénombrements. Les essais que j'ai effectués par tâtonnement pour voir si une valeur différente de la déclinaison donnerait une représentation plus satisfaisante, m'ont conduit à des résultats négatifs. On paraît donc en droit de conclure que les coordonnées du pôle galactique qui satisfont le mieux à la distribution des étoiles dans la zone de déclinaison + 22 sont :

$$Æ = 13^h 22^m = 200°,5, \qquad D = +27°,2 \quad (1900).$$

ÉLECTRICITÉ. — *Détermination du pouvoir inducteur spécifique de la vapeur de mercure.* Note de M. **Bedeau**, transmise par M. E. Bouty.

L'expérience montre que lorsqu'on plonge dans la vapeur de mercure la capacité d'un circuit oscillant à ondes entretenues, celles-ci ne désamorcent pas. Il est toutefois nécessaire d'utiliser de la vapeur sèche, car les gouttelettes liquides entraînées par la vapeur saturante mettent le condensateur en court-circuit; c'est ainsi que, pour la vapeur d'eau, Bädeker ([1]) avait dû opérer à 140°.

Les mesures ont été faites à 400° et sous la pression atmosphérique, en utilisant la méthode employée précédemment pour l'air ([2]). Deux circuits à ondes entretenues A et B sont accordés sur la même longueur d'onde ($\lambda = 1000^{m}$); le réglage est obtenu en agissant sur la capacité variable du circuit B. Soit alors KC la capacité inconnue du circuit A, K étant le pouvoir inducteur spécifique de l'air, si l'on remplace cette capacité par une autre C′ variable, étalonnée, et telle que les deux circuits soient encore accordés sur la même longueur d'onde, on aura, par une méthode de double pesée, $KC = C'$. Désignons par $\Delta C'$ la variation de C′ lorsqu'on remplace l'air par la vapeur de mercure à la même température; si K′ est la constante diélectrique de cette vapeur, on a

$$(K' - K)C = \Delta C',$$

d'où K′ puisque K est connu ($K = 1{,}00023$ à 400° et sous la pression 76^{cm} de mercure).

Le condensateur utilisé est de forme cylindrique, sa capacité est de 150 unités électrostatiques C. G. S. Le cylindre extérieur est recouvert de toile d'amiante sur laquelle est enroulé un fil de nickel; un courant de 3 ampères parcourant ce dernier circuit permet de porter la température du condensateur à 400°. Le condensateur est placé à l'intérieur d'un récipient en fer, au fond duquel se trouve du mercure; le récipient communique avec l'atmosphère par un tube étroit dans lequel s'effectuera ultérieurement la condensation de la vapeur.

Dans une première expérience, le récipient de fer est plongé dans l'eau froide et le condensateur porté à 400°. La tension de vapeur du mercure

---

([1]) Bädeker, *Zeitschrift für phys. Chemie*, 1901, p. 324.

([2]) Bedeau, *Comptes rendus*, t. 174, 1922, p. 380.

n'étant que $0^{cm},028$ à 100°, on peut admettre que le diélectrique compris entre les cylindres du condenseur est uniquement de l'air. On mesure alors la valeur KC de la capacité.

Dans une deuxième expérience, on retire l'eau entourant le récipient de fer et l'on porte le mercure à l'ébullition ; le condensateur est maintenu à 400° au moyen du circuit intérieur de chauffage. On mesure alors

$$\Delta C' = (K' - K) C.$$

Enfin, on contrôle la première mesure donnant la valeur de KC en refroidissant rapidement le récipient de fer, le condensateur étant toujours maintenu à 400°.

Résultats. — La méthode utilisée permet de mesurer une capacité à $\frac{1}{10000}$ près. Mais, afin de maintenir tout le condensateur à une température bien uniforme, il doit être de faibles dimensions, et sa capacité n'est que de 150 U.E.S.; d'autre part, les différentes mesures étant faites à des intervalles de temps relativement longs, il faut opérer avec des oscillations très stables ($\lambda = 1000^m$), d'où la nécessité de monter en parallèle, avec la capacité à mesurer, un condensateur à air; dans ces conditions, la variation de capacité $\Delta C'$ est toujours faible. Toutefois si l'on prend soin d'éliminer toute trace de vapeur d'eau, dont la constante diélectrique est élevée (1,007 à 145°), les résultats sont concordants : la vapeur de mercure ne présente pas les anomalies constatées pour les vapeurs d'eau, d'ammoniac, etc., et son pouvoir inducteur spécifique vérifie sensiblement la formule de Maxwell qui donne $K' = 1,00074$.

PHYSIQUE. — *Sur la variation de la tension superficielle du mercure dans les gaz.* Note de M. **Jean G. Popesco**, transmise par M. E. Bouty.

J'ai montré, dans une Note précédente [1], la variation de la tension superficielle du mercure dont la surface reste en contact avec l'un des gaz : air, ammoniac, ou anhydride sulfureux.

J'ai continué ce travail en employant l'hydrogène, l'oxygène et l'anhydride carbonique.

En outre, je me suis proposé d'obtenir les valeurs de la tension superficielle aussitôt que possible après la formation de la goutte, mes mesures

[1] *Comptes rendus*, t. 172, 1921, p. 109.

antérieures, qui commençaient 10 secondes environ après la formation de celle-ci, ayant montré des variations de la tension superficielle très rapides au début.

Dans ce but, j'ai modifié le dispositif en lui adaptant un appareil cinématographique. Une roue de 60^{cm} de diamètre, enfermée dans une grande boîte munie d'un objectif photographique placé à la hauteur du diamètre horizontal de la roue, portait sur sa jante un film de 6^{cm} de largeur et de 60^{cm} de longueur.

Cette roue était mise en mouvement, avec une vitesse linéaire de 6^{cm} par seconde, par un petit moteur électrique. Un obturateur rotatif entraîné par le même moteur me permettait d'obtenir des temps de pose de $\frac{1}{3000}$ de seconde.

Une image du profil de la goutte, que j'obtenais en grandeur naturelle, se présente comme une tache blanche sur un fond noir marquée d'un petit point noir, l'image de la petite source lumineuse qui me servait pour marquer le plan équatorial de la goutte.

Le mercure employé dans ces expériences se trouvait dans un réservoir de verre placé un peu plus haut que le bloc d'acier sur lequel se forme la goutte, sous la cloche, et communiquant avec celui-là par un tube à robinet non graissé. Pour former une goutte, on ouvre le robinet, en déclanchant en même temps l'appareil photographique, qui prendra quelques clichés avant l'épanouissement complet de la goutte. Quand celle-ci atteint un diamètre d'environ 3^{cm}, ce qui arrive à peu près 5 secondes après l'ouverture du robinet, on le ferme. L'appareil photographique continue à prendre les images de la goutte complètement épanouie.

C'est la valeur au bout de ces cinq secondes que j'ai prise, dans chaque expérience, comme valeur initiale.

Le Tableau suivant contient les résultats obtenus:

	T.	Air.	AzH^3.	SO^2.	CO^2.	H.	O.
Valeur initiale résultée des mesures sur les photographies.	0	522	476	477	519	510	495
Valeurs résultées des mesures directes faites sur la goutte.	10 secondes	502	450	437	508	477	485
	1 minute	481	436	405	503	465	479
	10 minutes	456	421	368	465	449	446
	30 »	448	418	360	451	443	436
	60 »	439	415	355	441	438	426
	24 heures	417	390	337	404	406	391
Différence totale		195	86	140	105	104	104

La dernière ligne de ce Tableau donne la variation totale de la tension superficielle. Cette variation est à peu près la même pour la plupart des gaz employés. Ceci paraît confirmer l'hypothèse de l'adsorption.

SPECTROSCOPIE. — *Sur les limites d'absorption* L *des éléments Ba-Sb.* Note de M. Lindsay, transmise par M. E. Bouty.

Les limites d'absorption L ne sont connues jusqu'ici que pour les éléments lourds, et pour la série Nd-Cs (¹). J'ai repris leur étude pour le baryum et le cæsium en y joignant celle de l'iode, du tellure et de l'antimoine. Les mesures ont été faites, pour les trois premiers éléments, avec un spectrographe à vide de 1260^{mm} de rayon utile, décrit par Siegbahn (²) et déjà utilisé par ses collaborateurs; pour les deux autres, avec un nouveau spectrographe de 183^{mm},34 (³). Dans les deux cas, la largeur de la fente a été réglée à 0^{mm},1 et le cristal utilisé fut la calcite ($\log 2d = 0,782335$).

Le spectrographe était évacué par une pompe rotative de Gaede servant de pompe préparatoire à la pompe moléculaire évacuant le tube. La fenêtre transparente fut une pellicule de baudruche collée sur la fente. Le tube était alimenté par un transformateur sous une tension maxima suffisamment faible pour ne pas faire apparaître le second ordre dans le domaine spectral étudié, soit, pour l'antimoine, environ 8000 volts. L'intensité moyenne du courant a varié entre 10 et 50 milliampères. Les tentatives faites pour l'augmenter en neutralisant la charge négative de l'espace (en accroissant un peu la pression dans le tube), ne furent pas très heureuses, le régime tendant à devenir instable, et le foyer perdant alors de sa netteté. On peut aussi augmenter le courant en élevant la température du filament, mais ce dernier est alors bientôt détruit.

Les écrans étaient constitués par une mince feuille de papier ayant été trempée dans une solution saturée d'un composé convenable de l'élément étudié, et séchée rapidement, pour éviter la formation de gros cristaux. En général, il est plus difficile d'obtenir de bons écrans dans les cas des éléments légers, que dans celui des éléments lourds. Les écrans étaient généralement disposés entre la fente et le cristal. Cependant, pour la tellure et l'antimoine, ils furent placés entre le cristal et la plaque, afin d'éviter le voile provenant, soit des rayons caractéristiques du calcium, soit de la luminescence de la calcite. Ce voile, qui n'est pas gênant dans l'étude des spectres d'émission, devient considérable dans ces recherches, où les durées d'exposition varient de 4 à 7 heures.

(¹) Hertz, *Zeit. für Physik*, t. 3, 1920, p. 19.
(²) *Phil. Mag.*, t. 37, juin 1919, p. 601.
(³) Siegbahn, *Zeit. für Physik*, t. 9, nos 1 et 2, 1922, p. 68.

Le Tableau I renferme les résultats de mes mesures. Les longueurs d'ondes y sont exprimées en unités X (10^{-11} cm) et sont probablement exactes à une unité près de cet ordre.

TABLEAU I.

Élément.	N°.	$\lambda.X.10^{-11}$ cm. L_1.	L_2.	L_3.
Ba	56	2357,7	2199,5	2060,2
Cs	55	2467,8	2307,3	2160,5
I	53	2712,4	2548,3	2381,9
Te	52	2847,0	2683,7	2502,6
Sb	51	2994,5	2831,0	2632,7

Le Tableau II compare les valeurs du doublet de Sommerfeld $\left(\text{exprimés en } \frac{1}{\lambda}\right)$ pour les limites d'absorption ($L_2 - L_1$) et les deux raies $\beta_1 - \alpha_2$ mesurées par Hjalmar. L'accord est, comme on le voit, très satisfaisant. La dernière colonne renferme les valeurs de $L_3 - L_2$, qui est un doublet variant à peu près comme le numéro atomique, de l'uranium jusqu'aux éléments légers.

TABLEAU II.

Élément.	N°.	$\beta_1 - \alpha_2$.	$L_2 - L_1$.	$L_3 - L_2$.
Ba	56	3,04	3,05	3,07
Cs	55	2,81	2,82	2,94
I	53	2,41	2,37	2,74
Te	52	2,19	2,14	2,69
Sb	51	2,01	1,93	2,66

PHYSIQUE. — *Polarisation rotatoire et orientation moléculaire.* Note (¹) de M. R. DE MALLEMANN, présentée par M. Brillouin.

Les phénomènes de biréfringence électrique et magnétique s'expliquent d'une manière satisfaisante en supposant que les molécules du corps sont anisotropes et s'orientent sous l'influence du champ (Cotton).

La théorie développée mathématiquement par Langevin conduit à une relation pour le rapport des retards absolus des deux vibrations, parallèle et perpendiculaire au champ, qui se trouve très bien vérifiée par les expériences récentes de Pauthenier. En

(¹) Séance du 3 juillet 1922.

même temps, Szevesy vient de montrer, dans le cas du nitrobenzène, que la variation de la constante de Kerr avec la température était en bon accord numérique avec celle que prévoit la théorie.

Il semble donc particulièrement intéressant d'étendre la théorie de l'orientation au cas de molécules optiquement actives, car le pouvoir rotatoire se trouverait alors dépendre de paramètres liés à chaque espèce de molécules et fonctions de leur dissymétrie propre. On entrevoit ainsi la possibilité de rapprocher ces paramètres théoriques des indications données par la structure chimique, ce que ne permettent pas les théories classiques (Mac Cullagh, Drude), où les termes rotationnels sont directement introduits dans les équations de propagation.

Nous supposerons que, pour les phénomènes autres que la polarisation rotatoire, par exemple la biréfringence, chaque molécule possède en général la symétrie d'un ellipsoïde à trois axes inégaux et nous prendrons ceux-ci comme axes de coordonnées *moléculaires* $OX'Y'Z'$ (nous désignerons par des lettres accentuées x', y', z' les coordonnées d'un point par rapport à ces axes, invariablement liés à chaque molécule).

Considérons un électron (lié à un atome) de coordonnées initiales x'_0, y'_0, z'_0 : sous l'action de l'onde lumineuse, il subit un déplacement variable de composantes u', v', w'.

Les forces agissant sur cet électron dépendent de la nature du champ lumineux *intérieur* au corps h' et de la structure de l'atome. Nous n'essaierons pas de justifier ici, bien que cela ne paraisse pas impossible, la forme donnée à l'expression de ces forces. Nous poserons, comme dans les théories classiques, qu'il existe dans les molécules actives, des forces rotationnelles proportionnelles au curl du champ électrique, mais nous supposerons que ces forces peuvent varier avec la direction de propagation de l'onde, définie par les angles de sa normale avec les axes moléculaires OX', OY', OZ'.

Cette généralisation est nécessaire car, dans le cas des fluides (et peut-être même dans le cas des solides), le pouvoir rotatoire expérimental ordinaire n'est qu'une valeur *moyenne* résultant de la superposition des effets d'un très grand nombre de molécules dont chacune possède une orientation instantanée différente, celle-ci variant d'ailleurs très rapidement par suite de l'agitation thermique.

Rien ne permet donc d'admettre *a priori* l'*isotropie* du pouvoir rotatoire.

Les équations du mouvement d'un électron sont alors, par rapport aux axes *moléculaires* $Ox'y'z'$,

$$(1)\quad m\frac{d^2}{dt^2}(u'v'w') + (f_1f_2f_3)\frac{d}{dt}(u'v'w') + (c_1c_2c_3)(u'v'w')$$
$$= e\left\{(h_{x'}h_{y'}h_{z'}) + (g_1g_2g_3)\left[\left(\frac{\partial h_{z'}}{\partial y'} - \frac{\partial h_{y'}}{\partial z'}\right), \left(\frac{\partial h_{x'}}{\partial z'} - \frac{\partial h_{z'}}{\partial z'}\right), \left(\frac{\partial h_{y'}}{\partial x'} - \frac{\partial h_{x'}}{\partial y'}\right)\right]\right\};$$

g_1, g_2, g_3 sont les coefficients d'activité optique qui peuvent différer non seulement en grandeur, mais encore en signe pour chacun des trois axes.

Considérons une onde plane rectilignement polarisée, se propageant dans une direction Oz, et soient Ox, Oy deux axes rectangulaires quelconques, situés dans le plan

de l'onde. (Nous désignerons par des lettres non accentuées x, y, z les coordonnées par rapport à des axes invariablement liés à l'onde.)

Les composantes sur les axes moléculaires du champ électrique de l'onde sont, au point $x'y'z'$,

$$(h_{x'} h_{y'} h_{z'}) = (P'Q'R')e^{i(\omega t+\alpha' x'+\beta' y'+\gamma' z')}. \tag{2}$$

Définissons la position du trièdre *moléculaire* OX'Y'Z' par rapport au trièdre d'*onde* OXYZ au moyen des trois angles d'Euler θ, ψ, φ et exprimons les composantes du champ électrique h_x, h_y, h_z par rapport au trièdre *fixe* OXYZ; puis substituons dans les expressions de u', v', w'.

La contribution de la molécule considérée à la polarisation diélectrique de la substance sera représentée par un vecteur dont les composantes suivant les axes OXYZ s'obtiennent en projetant respectivement sur ces axes les vecteurs $\Sigma eu'$, $\Sigma ev'$, $\Sigma ew'$ (¹).

Considérons un fluide homogène dans lequel les molécules ont à chaque instant toutes les orientations possibles : le nombre dN de molécules, de l'unité de volume, qui, à un instant donné, ont une orientation définie par l'angle $ZOZ' = \theta$, l'azimut ψ et la rotation propre φ est donnée par l'expression

$$dN = \frac{N}{8\pi^2}\sin\theta\,d\theta\,d\psi\,d\varphi.$$

La composante totale a_z de la polarisation diélectrique de la substance suivant OZ sera donc

$$a_z = \frac{Ne}{8\pi^2}\int_0^{2\pi} d\varphi \int_0^{2\pi} d\psi \int_0^{\pi} \Sigma(u'\sin\theta\sin\varphi + v'\sin\theta\cos\varphi + w'\cos\theta)\sin\theta\,d\theta.$$

Cette intégrale est nulle, comme on devait s'y attendre, puisque l'axe OZ coïncide avec la normale à l'onde plane.

On obtiendra de la même manière les composantes a_x et a_y.

Pour ne pas alourdir l'écriture nous nous limiterons au cas où la molécule possède un axe de biréfringence de révolution, soit Oz'.

Remplaçons h_x et h_y par leurs valeurs, en fonction du champ électrique *extérieur* H : il vient, en remarquant que les terme en $g^2\gamma^2$ sont très petits par rapport à ceux qui les précèdent (g est d'un ordre de grandeur

---

(¹) Il est d'ailleurs possible qu'une partie seulement des électrons de chaque molécule contribue à l'activité optique et qu'il y ait lieu de diviser les expressions sous le signe Σ en deux groupes.

inférieur à λ^2).

$$a_x = \frac{P_0 H_x}{1 - \frac{4\pi}{3} P_0} - \frac{\frac{N}{3}(2Ag + Cg')i\gamma H_y}{\left(1 - \frac{4\pi}{3} P_0\right)^2} = \alpha H_x - \beta i \gamma H_y,$$

$$a_y = \frac{P_0 H_y}{1 - \frac{4\pi}{3} P_0} + \frac{\frac{N}{3}(2Ag + Cg')i\gamma H_x}{\left(1 - \frac{4\pi}{3} P_0\right)^2} = \alpha H_y + \beta i \gamma H_x$$

où

$$P_0 = \frac{N}{3}(2A + C) \qquad \text{(A et C sont des constantes complexes).}$$

Il suffit alors de remplacer a_x et a_y par ces expressions dans les équations *ordinaires* de propagation pour aboutir à la conclusion suivante :

« Le milieu propage, sans déformation, avec des vitesses différentes, deux ondes circulaires amorties, de sens inverses. »

Le pouvoir rotatoire et les indices d'extinction s'obtiennent de la manière ordinaire en formant la demi-différence $\frac{\gamma_1 - \gamma_2}{2}$ des deux racines de l'équation de condition en γ^2 et séparant les parties réelles et imaginaires.

On trouve ainsi des formules de dispersion qui sont compliquées dans le voisinage immédiat d'une bande d'absorption, mais qui se simplifient dans la région où l'amortissement est faible. Elles sont alors analogues aux formules classiques.

Le pouvoir rotatoire, dû à un même groupe d'électrons, s'annule toujours pour la fréquence d'absorption pour laquelle il change de signe.

ÉLECTRICITÉ. — *Dispositif pour la métallisation des grandes surfaces par projection cathodique.* Note de MM. **Pierre Lambert** et **A. Andant**, présentée par M. de Gramont.

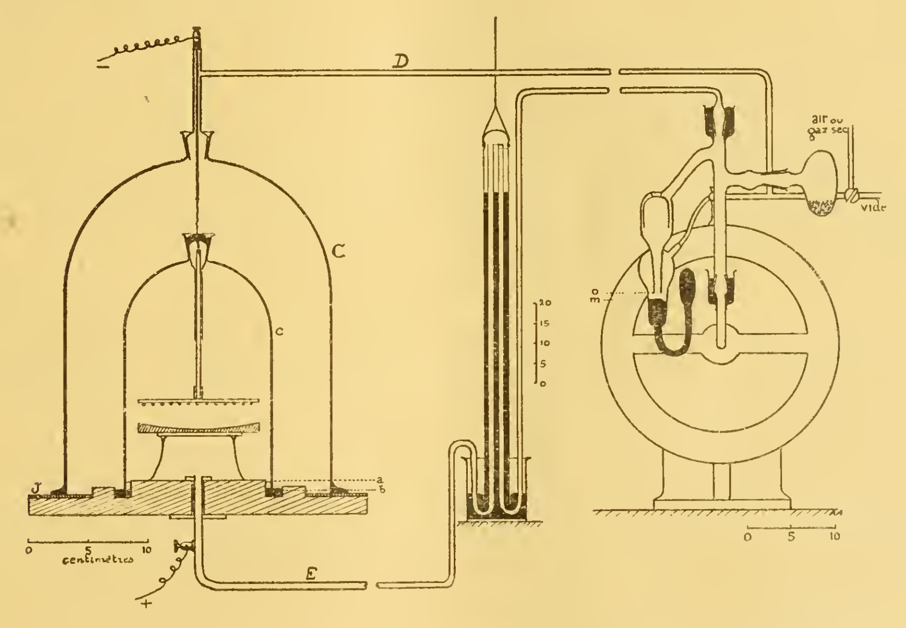
La métallisation des grandes surfaces par projection cathodique présente des difficultés dues surtout au manque d'étanchéité du récipient dans lequel on doit faire le vide. Pour les petites surfaces jusqu'à 5^{cm} à 6^{cm} de diamètre (lames d'interféromètre, miroirs de galvanomètre), le dispositif de MM. Fabry et Buisson [1] convient parfaitement. Pour des surfaces notablement plus grandes (miroirs de télescope) on se voit dans l'obligation

(1) Fabry et Buisson, *Journal de Physique*, juin 1919, p. 189.

d'abandonner les rodages, car leur étanchéité devient douteuse et l'adhérence produite par la graisse dont on est forcé de les enduire rend l'ouverture de l'appareil extrêmement difficile et parfois même impossible.

Nous avons cherché à réaliser un appareil de grandes dimensions sans joints graissés, ce qui évite en plus des inconvénients précédents les dégagements de vapeurs et permet d'opérer dans des conditions connues et identiques.

L'appareil se compose de deux cloches concentriques en verre. La cloche extérieure C, à bourrelet rodé, repose sur une platine en verre ou en fonte émaillée, le joint étant assuré par une couronne de caoutchouc J. La cloche intérieure *c* est placée dans une gorge creusée dans la platine et remplie de mercure.



Le vide se fait au moyen d'une pompe à mercure de Gaede associée à une pompe préparatoire.

Le vide préparatoire se fait dans la cloche C par le tube D. La cloche *c* communique avec la pompe de Gaede par le tube E tant que le mercure du manomètre *m* ne ferme pas l'ouverture *o*. Une fois cette ouverture fermée, le vide préparatoire continue à se faire dans la grande cloche tandis que la pompe de Gaede pousse le vide aussi loin qu'on peut le désirer dans la cloche *c*. La faible différence des pressions entre les deux cloches n'entraîne dans le joint à mercure qu'une dénivellation *ab* de 1^{cm} à 2^{cm}.

Pour relier à la pompe plusieurs appareils de ce genre ou une jauge de Mac-Leod, ou encore un régulateur de vide, il est commode de recourber les tubes de jonction en forme d'U, les branches libres ayant plus de 76^{cm} s'engageant sous un tube fermé par le haut et plongeant dans une cuve à mercure. Ceci donne aux canalisations une grande souplesse.

Le courant arrive par le tube de fer E mastiqué dans la platine. Une tige de fer qui porte la cathode à une extrémité est vissée à l'autre à un gros fil de platine soudé dans le bouchon rodé (mais non graissé) de la petite cloche. Ce joint est protégé par une couche de mercure dans lequel plonge un fil de fer traversant le bouchon de la grande cloche et relié au pôle négatif. Sur la cathode formée d'un disque de fer on applique une feuille mince du métal à projeter. Dans le cas des grandes surfaces et pour la projection des métaux rares, il est plus pratique d'employer un fil fin du métal enroulé en spirale et fixé par des agrafes sur un disque en mica.

Le courant employé est le courant alternatif à 3000 volts redressé. Un kénotron pour ces faibles tensions n'est pas du tout indispensable et l'on peut employer des instruments bien moins coûteux. Nous avons utilisé nous-mêmes soit une lampe établie par M. Beauvais, soit une lampe de T. S. F. à 3 électrodes (puissance 250 watts).

SPECTROSCOPIE. — *Sur la courbe de répartition de l'énergie dans la partie ultraviolette du spectre solaire.* Note [1] de MM. **Ch. Fabry** et **H. Buisson**, présentée par M. A. de Gramont.

La courbe de répartition de l'énergie dans un spectre continu peut être déterminée en utilisant comme instrument de mesure un appareil thermométrique. Cette méthode directe exige l'emploi d'appareils délicats et ne peut être mise en œuvre que dans des conditions rarement réalisées dans nos laboratoires. D'autre part, le récepteur thermométrique n'a qu'un pouvoir de définition assez faible, inconvénient très grave pour l'étude du spectre solaire, qui est sillonné de raies d'absorptions très serrées dans certaines régions.

Ces difficultés expliquent que la courbe d'énergie du spectre solaire soit assez mal connue dans la région des petites longueurs d'onde, où l'on se trouve en présence d'une énergie assez faible, d'une forte absorption atmosphérique et de raies d'absorption très nombreuses. Les mesures

[1] Séance du 10 juillet 1922.

d'Abbot, les plus complètes qui aient été faites sur le spectre solaire, sont très incertaines dans cette partie du spectre.

Nous avons employé une méthode moins directe, mais d'une application plus facile et plus sûre. Elle consiste à opérer par comparaison avec une source artificielle dont la courbe d'énergie est connue. Une telle source étant supposée réalisée, on peut comparer, pour un certain nombre de longueurs d'onde, les intensités des deux sources, et en déduire la courbe d'énergie de la source étudiée. Les pertes de lumière et la dispersion du spectroscope n'interviennent pas, non plus que les propriétés sélectives de l'appareil récepteur; on peut employer dans chaque cas le récepteur le mieux approprié à la région du spectre que l'on étudie, par exemple l'œil ou la plaque photographique.

Toute difficulté est reportée sur la détermination, faite une fois pour toutes, de la courbe d'énergie d'une source pouvant servir d'étalon. Peu de recherches ont été faites en vue de réaliser une telle source ([1]). Heureusement, la loi du rayonnement du corps noir est maintenant bien connue, et les propriétés de divers corps solides sont telles que leur rayonnement est sensiblement identique à celui d'un corps noir. Une fois connue la température du corps rayonnant, on peut considérer la courbe d'énergie comme connue. Nous avons pris comme source de comparaison le cratère positif de l'arc électrique, et admis 3750° comme température absolue de cette source ([2]). La comparaison entre le spectre solaire et le spectre de l'arc a été faite par photographie.

Sur la fente d'un spectrographe on projette successivement l'image du cratère et celle du Soleil. Le spectre solaire peut être affaibli dans un rapport connu au moyen de diaphragmes placés sur l'objectif de la chambre photographique du spectrographe ou au moyen d'écrans absorbants préalablement étudiés. Sur la même plaque et avec le même temps de pose on imprime des spectres des deux sources, celui de l'arc directement et celui du Soleil avec des affaiblissements connus. En mesurant au microphotomètre les opacités des deux spectres, il est alors facile de calculer, pour les diverses longueurs d'onde, le rapport des éclats intrinsèques des deux

([1]) Les seules déterminations directes pouvant être utilisées sont celles de Coblentz sur la flamme de l'acétylène (*Scientific Papers of the Bureau of Standards*, n° 361, 1920). Malheureusement, ces mesures ne s'étendent pas dans l'ultraviolet.

([2]) Il n'est pas certain que la courbe d'énergie de ce rayonnement soit absolument identique à celle d'un corps noir, mais l'hypothèse faite n'entraîne certainement que de faibles erreurs.

sources, dont les diamètres apparents n'interviennent pas dans la mesure.

Dans une même journée, la mesure est répétée à diverses heures, pour en déduire par la méthode de Bouguer-Langley le coefficient d'absorption de l'atmosphère et remonter à l'intensité dans le spectre solaire avant que le rayonnement ait traversé l'atmosphère terrestre.

Chaque mesure porte sur une toute petite portion du spectre (un ou deux angströms au plus). Nous avons choisi des régions aussi dénuées que possible de lignes d'absorption ; nos mesures se rapportent donc au fond continu du spectre solaire. D'autre part, elles sont relatives au centre du soleil.

Le Tableau suivant résume nos mesures. Pour chaque longueur d'onde il fait connaître le rapport des éclats intrinsèques (ou brillances) du Soleil (débarrassé de l'absorption atmosphérique) et de l'arc. On en déduit l'intensité dans le spectre solaire en unités arbitraires et aussi, au moyen de la formule du rayonnement du corps noir, la température absolue du Soleil. La dernière colonne donne le coefficient d'absorption atmosphérique, défini comme étant le logarithme du rapport de l'intensité incidente à l'intensité arrivant au niveau du sol pour un astre au zénith.

Longueur d'onde.	$\frac{\text{Soleil}}{\text{arc}}$.	Intensité dans le spectre solaire.	Température absolue du Soleil.	Coefficient atmosphérique.
3940	40	23,9	6016	0,32
3620	50	19,2	5931	0,33
3143	79	12,2	5832	0,84
3022	112	12,9	5959	1,77
2922	134	11,8	5970	4,82

La valeur trouvée pour la température du Soleil ne varie pas beaucoup et ne montre aucune décroissance quand on approche de la limite observable du spectre solaire; la courbe d'énergie du spectre continu du Soleil se rapproche beaucoup, dans cette région, de la courbe d'un corps noir à 6000° absolus. L'énergie de cette portion du spectre, avant son absorption par notre atmosphère, est considérable, et beaucoup plus grande que ne le suppose Abbot. On remarquera aussi l'énorme valeur que prend l'absorption atmosphérique lorsqu'on approche de la limite observable; pour $\lambda = 2922$ l'atmosphère traversée verticalement ne laisse passer que $\frac{1}{70000}$ du rayonnement incident [1].

---

[1] Cette absorption est due à l'ozone contenu dans la haute atmosphère [voir Fabry et Buisson, *Étude de l'extrémité ultraviolette du spectre solaire* (*Journal de Physique*, 6e série, t. 2, 1921, p. 197)].

Au-dessous de la région 2900, toute observation devient impossible à cause de l'absorption atmosphérique, et l'on ne peut qu'extrapoler les résultats acquis; on ne voit aucune raison pour que le rayonnement correspondant au fond continu ne conserve pas le même caractère, celui du rayonnement d'un corps noir à 6000°. S'il en est ainsi, l'importance du rayonnement non observable est loin d'être négligeable. L'énergie rayonnée sous forme de radiations de longueur d'onde inférieure à 3000 est $\frac{1}{24}$ du rayonnement total, et le quart environ de l'énergie est sous forme de radiations ultraviolettes ($\lambda < 4000$).

Il est vrai que les résultats de nos mesures se rapportent au centre du Soleil et au fond continu du spectre. Si l'on voulait (ce qui n'était pas notre but) faire des mesures sur le spectre moyen, il serait facile de le faire par la même méthode, en recomposant de petites portions choisies dans le spectre. Dans tous les cas, la comparaison avec un spectre connu servant d'étalon donne une solution facile des questions que l'on peut se poser sur la courbe d'énergie.

SPECTROSCOPIE. — *Sur la masse des particules qui émettent le spectre de l'oxyde de carbone*. Note (1) de M. **M. Duffieux**, présentée par M. A. de Gramont.

En supposant que l'élargissement des raies spectrales émises par un gaz lumineux soit uniquement dû à l'agitation thermique, l'ordre limite des franges d'interférence que l'on peut obtenir avec ces raies est donné par la formule

$$N = K\sqrt{\frac{M}{T}}$$

où T est la température absolue du gaz, M la masse des particules lumineuses évaluée dans le système des masses atomiques, K un coefficient numérique. Cette formule a été utilisée par plusieurs auteurs pour la détermination de M (2). J'ai appliqué cette méthode à la recherche de l'origine des spectres de l'azote et de l'oxyde de carbone.

(1) Séance du 10 juillet 1922.

(2) Fabry et Buisson, *Journal de Phys.*, vol. 2, 1912, p. 442. — Hamy, *Comptes rendus*, vol. 157, 1913, p. 142. — Th. R. Merton, *Proceed. of Roy. Soc.* A, vol. 91, 1915.

Les gaz étudiés étaient contenus dans un tube à électrodes construit de manière à réduire l'échauffement et plongé dans un bain d'eau dont la température ne variait que de 15° à 20°. Le dégagement de chaleur était faible et j'ai toujours adopté comme température du gaz celle du bain. Le tube était alimenté en courant continu à partir de courant alternatif redressé par un kénotron et régularisé par une capacité suffisante. La densité de courant était d'environ 5 milliampères par millimètre carré. L'appareil interférentiel était un étalon à lames semi-argentées, d'épaisseur variable. Un objectif achromatique projetait les anneaux sur la fente d'un spectroscope donnant une dispersion de 4,5 angströms par millimètre dans la région 4200. Dans cette région l'examen était fait par photographie ; il était fait visuellement pour les bandes jaunes et vertes.

Azote (*2e groupe positif, bandes de* 4400 à 3900). — Mes résultats confirment ceux de M. Hamy. Pour toutes les bandes l'ordre limite d'interférence est compris entre 240000 et 280000. Pour une même différence de marche, sur un même cliché, la visibilité croît avec la longueur d'onde. Ceci m'a permis une détermination plus précise de l'ordre limite pour les bandes 3998 et 4200.

3998	N = 270000
4200	N = 274000

Cette limite n'est pas observable sur la totalité des raies de chaque bande, mais sur certaines, intenses et particulièrement isolées.

Oxyde de carbone. — Les bandes jaune (5610) et verte (5198) ont été examinées visuellement. Les bandes bleue (4833) violette (4509) et ultraviolette (4123) l'ont été par photographie.

Les franges sont très nettes. Aucune raie ne présente de dédoublement sauf superposition de termes de deux suites. Les limites sont les mêmes pour la totalité des raies observables de chaque bande, avec les seules petites inégalités dues aux différences d'éclat. Les bandes se partagent en deux groupes. Dans le premier formé par les bandes 5610, 5198, 4833, 4509, les limites sont remarquablement concordantes.

5610	307000
5198	319000
4833	312000
4509	316000
Moyenne	313000

Au contraire la bande 4123 a donné comme limite 260000.

Il est impossible d'attribuer l'émission de ces spectres aux molécules, car cela conduirait à adopter pour K une valeur complètement inadmissible. Deux valeurs ont été proposées pour ce coefficient ([1]). L'une par Lord Rayleigh 1,42, paraît être la limite supérieure de K. Établie pour l'interférence de deux rayons d'égale intensité elle doit, dans le cas actuel, subir une correction par suite de la nature particulière des interférences employées. Cette correction la réduit à 1,37. La deuxième valeur 1,22 a été adoptée par MM. Fabry et Buisson à la suite d'expériences analogues aux miennes. Il est difficile de justifier une valeur inférieure de K. Les valeurs de M déduites de ces coefficients sont respectivement :

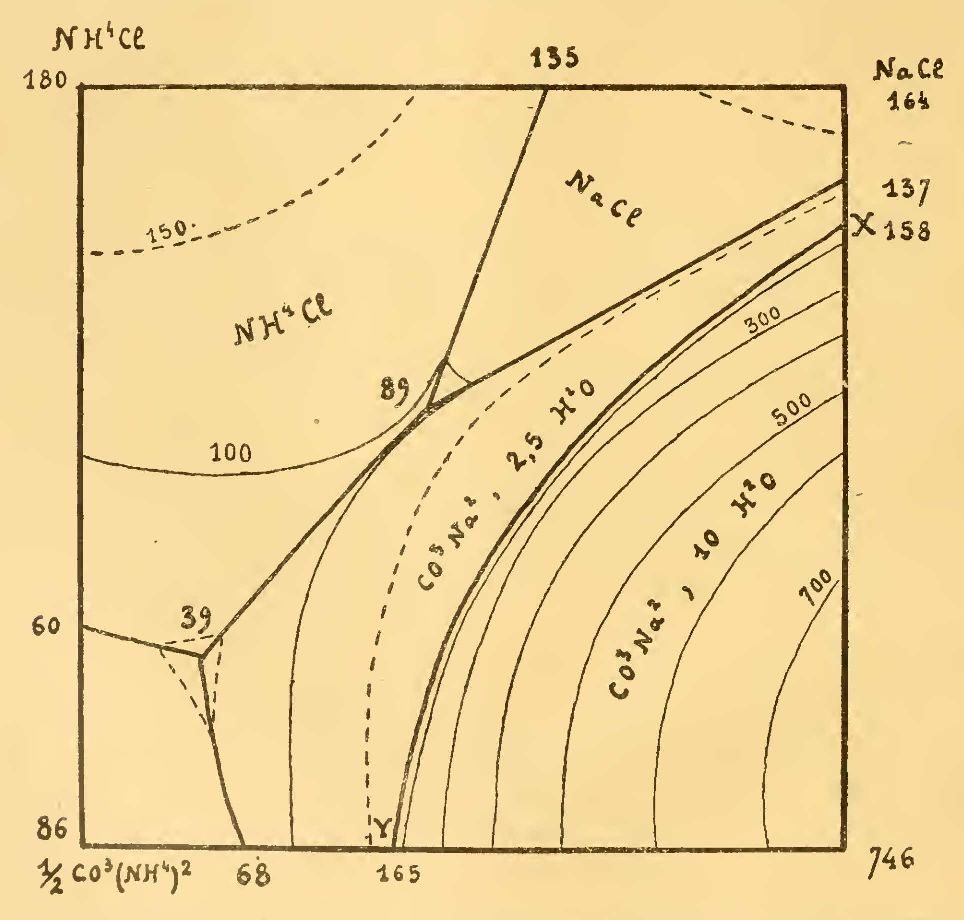
		K = 1,37.	K = 1,22.
CO....................	N = 313000	M = 15,3	M = 18,3
CO....................	260000	10,6	13,2
Az....................	272000	11,6	14,5

Il semble difficile d'échapper à cette conclusion que les bandes du second groupe positif de l'azote sont dues à l'atome, M = 14, et que parmi celles du spectre de l'oxyde de carbone, l'une (4123) est émise par l'atome de carbone, M = 12, les quatre autres par l'atome d'oxygène, M = 16. Il faut ajouter que pour les deux suites de bandes de l'oxyde de carbone qui sont produites dans les mêmes conditions de température, de pression et de densité de courant, qui sont examinées dans les mêmes conditions d'interférence et sur la même plaque photographique, la comparaison est débarrassée de toute incertitude sur la température et sur la valeur du facteur K. Or le rapport des ordres d'interférence limites $\frac{313000}{260000} = 1,20$ est aussi voisin qu'on peut l'espérer du rapport $\sqrt{\frac{16}{12}} = 1,15$. Ces bandes sont donc émises par des particules dont les masses sont dans le rapport de 16 à 12; on ne peut donc les attribuer à la molécule complète de l'oxyde de carbone, mais aux produits de sa décomposition : les atomes libres de carbone et d'oxygène.

([1]) Lord Rayleigh, *Phil. Mag.*, vol. 170, 1915, p. 274. — Fabry et Buisson, *loc. cit.*

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur la préparation du chlorure d'ammonium à basse température.* Note de M. **Paul Mondain-Monval**, transmise par M. Henry Le Chatelier.

Dans une Note [1] précédente, j'ai donné les résultats de mes mesures concernant la cristallisation du chlorure d'ammonium dans les solutions renfermant à la fois du chlorure et du carbonate neutre de sodium et d'ammonium pour la température de 15°. Cette cristallisation étant industriellement réalisée par réfrigération des saumures, l'étude de l'équilibre à plus basse température est également intéressante. Je donne aujourd'hui le résultat de mesures semblables exécutées à 0°.



(1) *Comptes rendus*, t. 174, 1922, p. 1014.

TABLEAU I
relatif aux points situés sur les côtés du carré.

Numéros des solutions.	Sels solides.	Poids pour 100g d'eau. NaCl.	NH^4Cl.	$\frac{1}{2}CO^3Na^2$.	$\frac{1}{2}CO^3(NH^4)^2$.	Eau pour 1mol.
		g	g	g	g	g
1*.	NaCl	35,6	»	»	»	164,3
2*.	{ NaCl, NH^4Cl }	26,1	15,7	»	»	135,0
3..	NH^4Cl	8,6	24,5	»	»	165,2
4*.	NH^4Cl	»	29,7	»	»	180,0
5..	NH^4Cl	»	27,2	»	13,0	128,0
6*.	{ NH^4Cl, $CO^3(NH^4)^2$ }	»	26,4	»	56,7	59,7
7*.	$CO^3(NH^4)^2$	»	»	»	55,8	86,0
8*.	{ $CO^3(NH^4)^2$, CO^3Na^2 }	»	»	18,0	64,2	67,7
9..	CO^3Na^2	»	»	10,3	12,9	215,9
10..	CO^3Na^2	»	»	6,9	0,5	709,2
11*.	CO^3Na^2	»	»	7,1	»	746,0
12..	CO^3Na^2	3,3	»	4,7	»	689,6
13..	CO^3Na^2	12,5	»	4,5	»	333,0
14..	CO^3Na^2	30,7	»	5,7	»	157,8
15..	CO^3Na^2	31,6	»	4,9	»	157,6
16*.	{ CO^3Na^2, NaCl }	34,5	»	4,4	»	137,3
17*.	CO^3Na^2 (Point X)	30,3	»	5,7	»	158,1
18*.	CO^3Na^2 (Point Y)	»	»	12,2	18,0	165,0

Nota. — Dans ce Tableau les parties accoladées représentent des points doubles.

TABLEAU II
relatif aux points situés à l'intérieur du carré.

Numéros des solutions.	Sels solides.	Poids pour 100g d'eau. Na.	NH^4.	Cl.	$\frac{1}{2}CO^3$.	Eau pour 1mol.
		g	g	g	g	g
19..	NaCl + NH^4Cl	11,0	6,5	27,0	2,5	118,7
	Point triple A :					
20*.	{ NaCl + NH^4Cl + CO^3Na^2 }	11,7	10,9	23,1	14,1	89,0
21..	NaCl + CO^3Na^2	14,6	1,7	21,1	4,2	130,0
22..	NH^4Cl + CO^3Na^2	9,7	11,0	21,7	12,6	97,0
	Point triple B :					
23*.	{ NH^4Cl + CO^3Na^2 + $CO^3(NH^4)^2$ }	9,2	38,4	22,6	56,6	39,5
24..	NH^4Cl + $CO^3(NH^4)^2$	6,2	34,8	19,9	49,4	45,3
25..	NH^4Cl + $CO^3(NH^4)^2$	1,8	31,1	17,5	39,3	55,4
26..	CO^3Na^2 + $CO^3(NH^4)^2$	6,8	24,5	4,8	45,4	60,3
27..	NH^4Cl	2,3	10,1	19,9	3,1	151,0
28..	CO^3Na^2	7,0	6,4	12,6	9,1	151,7
29..	CO^3Na^2	7,1	4,2	8,3	9,3	184,5
30..	CO^3Na^2	3,5	1,5	3,0	4,5	425,5

Une étude détaillée de la zone de cristallisation du carbonate de sodium révèle l'existence de deux plages distinctes. L'une correspond à la cristallisation du carbonate à 10^{mol}; l'autre au dépôt d'un carbonate beaucoup moins hydraté, contenant 29,8 pour 100 d'eau, correspondant à la formule $CO^3Na^2, 2,5H^2O$.

Ce carbonate a été déjà décrit par Morel ([1]). Mais, depuis, son existence a été contestée par Wegscheider ([2]). De nombreuses mesures concordantes nous permettent d'affirmer l'existence de cet hydrate à l'état stable en présence de nos solutions. Il s'en dépose à l'état pulvérulent, ce qui rend délicate sa séparation. On peut, du reste, se rendre compte de sa formation par une expérience qualitative très simple. Il suffit de broyer dans un mortier un mélange de carbonate de soude cristallisé et de sel marin en proportions convenables. Au bout de quelques minutes, la masse cristalline se transforme en une pâte assez fluide par suite de la séparation de l'eau provenant de la déshydratation partielle du carbonate de sodium.

La région de cristallisation du carbonate de sodium est donc séparée en deux par la ligne double XY. La surface marquée $CO^3Na^2, 2,5H^2O$ correspond au dépôt du carbonate de Morel. Il faut observer que cette zone particulière existe également dans le diagramme à 15°, fait qui nous avait alors échappé. Il conviendra donc de tracer cette ligne XY sur ce diagramme en la faisant passer par les points suivants :

	Na.	NH^4.	Cl.	$\frac{1}{2}CO^3$.	Eau pour 1^{mol}.
					g
X......	1,0	»	0,59	0,41	152
Y......	0,47	0,53	»	1,0	136
Z......	0,57	0,43	0,43	0,57	130

CHIMIE MINÉRALE. — *Sur les antimoniodobromures complexes mixtes.* Note ([3]) de M. **A.-Ch. Vournazos**, présentée par M. Charles Moureu.

J'ai déjà signalé la formation des complexes mixtes d'antimoine et d'éléments de la même famille. Ainsi j'ai préparé nombre de ces composés ([4]) dans lesquels l'anion comprend trois éléments différents : antimoine, iode,

---

([1]) Morel, *Bull. Soc. franç. minéralogie*, t. 12, 1889, p. 546.

([2]) Wegscheider, *Zeit. anorg. Chemie*, t. 73, 1912, p. 256.

([3]) Séance du 10 juillet 1922.

([4]) A.-C. Vournazos, *Comptes rendus*, t. 170, 1920, p. 1256 et t. 172, 1921, p. 535.

cyanogène, ou bismuth, brome, cyanogène, etc. C'est ce qu'on entend par anions mixtes, ou, comme je le préfère, dans le cas cité, *anions triples*.

Comme je l'ai prévu, non pas seulement le cyanogène, mais aussi les halogènes, peut-être d'autres corps ou groupes de corps peuvent s'unir avec les halogénures d'antimoine ou d'éléments analogues, pour former ces complexes aux anions mixtes.

J'ai dernièrement étudié l'action des bromures sur l'iodure d'antimoine; en suivant un procédé expérimental particulier, je suis arrivé à préparer les composés antimoniodobromures, complexes mixtes bien définis quoique fort délicats. Ces corps doivent être regardés comme les sels d'un ou plusieurs acides antimoniodobromhydriques, qui à la température ordinaire sont extrêmement instables, au point que la mesure même de leur tension de dissociation devient pratiquement impossible.

On sait déjà que le triiodure d'antimoine est soluble dans l'acide chlorhydrique même faiblement dilué; il ne s'agit cependant pas d'une simple dissolution, mais de la formation de combinaisons complexes du triiodure d'antimoine avec une ou plusieurs molécules d'acide chlorhydrique. Ces polyacides, étant déjà très instables, se décomposent en leurs molécules constituantes sous l'action de l'eau. Pour les mêmes raisons, on ne peut pas isoler les complexes du triiodure d'antimoine avec l'acide bromhydrique aqueux même concentré, dans lequel le triiodure est de même facilement soluble.

Au lieu d'opérer avec l'acide aqueux, j'ai essayé avec l'acide bromhydrique gazeux, que j'ai fait agir sur le triiodure d'antimoine en milieu acétique. Le triiodure est peu soluble dans l'acide acétique à froid (0,7 pour 100). On introduit dans 50^{cm^3} d'acide anhydre 1^g de triiodure finement pulvérisé, et l'on agite pour obtenir une solution saturée à froid; la majeure partie du triiodure reste insoluble au fond du vase, et le liquide clair se colore en jaune paille. Si l'on fait alors arriver dans le mélange un courant de gaz bromhydrique, on voit bientôt que le triiodure se dissout et disparaît complètement après le passage d'une certaine quantité de cet acide. La couleur du liquide devient alors rouge brunâtre; l'acide bromhydrique employé à cet effet doit être desséché sur le bromure de calcium fondu, parce que l'humidité provoque la décomposition du triiodure même en milieu acétique.

Si l'on arrête l'action de l'acide bromhydrique juste au moment où la dernière parcelle du triiodure d'antimoine a disparu, on peut déterminer, par analyse d'une portion du liquide obtenu, la quantité d'acide

qui a produit la dissolution du triiodure, que l'on dose aussi par la même analyse. On connaîtra ainsi la constitution quantitative du système — acide acétique, triiodure d'antimoine, acide bromhydrique —. D'un autre côté, s'il s'agissait des molécules isolées HBr et SbI^3, on devrait observer une pression osmotique égale à 6 fois celle d'une molécule $HBrSbI^3$ supposée non dissociée; or l'étude cryoscopique du système conduit à peu près au double de la pression de la molécule non dissociée; on a donc affaire à l'ion H, d'une part, et au complexe $[SbBrI^3]$, de l'autre.

Il faut bien remarquer que l'action de l'acide acétique sur le triiodure et l'acide bromhydrique isolés a été trouvée nulle au point de vue chimique; ainsi, ce dissolvant organique n'a aucunement troublé les résultats de la détermination cryoscopique.

L'acide antimoniodobromhydrique, dont l'existence est par là démontrée, ne peut être isolé à l'état solide. Si l'on concentre la solution acétique, l'acide complexe se dissocie, et le résidu obtenu n'est que du triiodure cristallisé. L'évaporation dans le vide semble en outre favoriser la vitesse de cette dissociation.

Les sels à l'anion triplexe $[SbBrI^3]$ s'obtiennent plus sûrement par l'action des bromures correspondants sur le triiodure d'antimoine dans un dissolvant organique indifférent, tel que l'acide acétique, le xylol ordinaire et l'alcool amylique, que je considère comme les plus appropriés parmi les nombreux dissolvants du triiodure. Les corps en question doivent être complètement anhydres, car l'humidité empêche la formation des complexes mixtes et provoque la décomposition rapide du triiodure.

Les deux constituants du complexe, c'est-à-dire SbI^3 et bromure anhydre, sont pris dans un état de siccité parfaite et en quantité équimoléculaire; on les mélange bien dans un mortier de porcelaine, et l'on ajoute immédiatement une portion de dissolvant suffisante pour former avec la poudre du mélange une masse pâteuse que l'on triture soigneusement. Puis, tout en agitant le mélange, on le dilue avec 20 à 30 fois son poids du même dissolvant, on transporte dans un ballon à long col, on bouche par un bouchon de liège et l'on chauffe au bain-marie jusqu'à ce que les cristaux du complexe soient bien formés; une agitation subsidiaire accélère la réaction. Les antimoniodobromures sont nettement colorés et facilement décomposables par l'eau et l'alcool ordinaire, surtout ceux des métaux monovalents à la formule générale $\begin{matrix} I \diagdown \\ I - \\ I \diagup \end{matrix} Sb \begin{matrix} \diagup M \\ \diagdown Br \end{matrix}$, lesquels, traités par l'eau, donnent de l'oxyde antimonieux et de l'acide iodhydrique, avec régénération du

bromure correspondant. La température du rouge les décompose en leurs constituants. Je décris ci-dessous ceux qui ont été isolés et étudiés.

Antimoniodobromure sodique [$SbBrI^3$]Na. — Il est préparé par l'action du triiodure sur le bromure de sodium au sein du xylol, d'après le procédé susmentionné. Le bromure sodique agit sur le triiodure, en suspension dans l'acide acétique, également comme HBr gazeux, c'est-à-dire produit la dissolution du SbI^3 pendant que le liquide prend une couleur orangée due à la formation du complexe; la solution devient jaune clair lorsqu'on la dilue par l'éther anhydre ou l'alcool absolu, et la décomposition en molécules libres survient. Le produit qu'on obtient au sein du xylol forme des petits cristaux jaunes orangés.

Antimoniodobromure potassique [$SbBrI^3$]K. — Cristaux rouge orangé.

Antimoniodobromure d'ammonium [$SbBrI^3$]NH^4. — Cristaux rouge cramoisi.

Antimoniodobromure de lithium [$SbBrI^3$]Li. — Cristaux jaune-rouge facilement altérables à l'humidité.

Antimoniodobromure zincique [$SbBr^2I^3$]Zn. — Tables brunes transparentes et réfringentes, assez stables et lentement décomposables par l'eau.

De la même structure est le *complexe du cadmium* [$SbBr^2I^3$]Cd.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur l'oxydation chromique des homologues de l'acide acétique.* Note de M. **L.-J. Simon**.

A condition de s'astreindre à certaines conditions de température et de durée, on peut dire que l'acide acétique ne subit aucune oxydation de la part du mélange d'acide sulfurique et d'anhydride chromique. Si, tout en restant dans les mêmes limites de température et de durée, *on remplace l'anhydride chromique par le chromate d'argent*, l'acide acétique est, au contraire, complètement converti en anhydride carbonique.

Les acides acycliques, homologues supérieurs de l'acide acétique, se comportent à l'égard de ces mélanges oxydants, comme l'indique le Tableau suivant :

Nom de l'acide.	Symbole.	Nombre d'atomes de C brûlés.	C pour 100. Observé. CrO^3.	CrO^4Ag^2.	Calculé.
Propionique........	$C^3H^6O^2$	2,2	36,0	48,1-48,2	48,64
Butyrique..........	$C^4H^8O^2$	3,1	42,0	54,7-54,9	54,54
Valérianique........	$C^5H^{10}O^2$	4	46,4	59,0-58,6	58,82
Caproïque..........	$C^6H^{12}O^2$	5	51,6	62,9-62,7	62,07
OEnantylique.......	$C^7H^{14}O^2$	6	55,7	63,7-63,85	64,61
Caprylique.........	$C^8H^{16}O^2$	7,1	59,5	65,6-65,9	66,66
Pélargonique.......	$C^9H^{18}O^2$	8,3	62,9	68,2-68,7	68,35
Laurique...........	$C^{12}H^{24}O^2$	10,8	64,9	72,4-72,3	72,0
Myristique.........	$C^{14}H^{28}O^2$	12,6	66,4	73,4-73,0	73,68
Palmitique.........	$C^{16}H^{32}O^2$	14,3	67,1	74,8-74,7	75
Stéarique..........	$C^{18}C^{36}O^2$	16,5	69,6	76,9-76,3	76,05

De l'examen de ce Tableau il résulte que :

1° Les acides homologues de l'acide acétique sont, comme lui, complètement brûlés par le chromate d'argent et l'acide sulfurique.

2° Le mélange d'anhydride chromique et d'acide sulfurique laisse un résidu non brûlé. La proportion de ce résidu varie avec chaque acide, mais cette proportion présente une certaine régularité comme le montre la première colonne de chiffres du Tableau : pour les termes inférieurs jusqu'en C^9 l'anhydride carbonique déficient correspond à 1 atome de carbone par molécule; le déchet s'élève à mesure qu'augmente le nombre d'atomes de carbone de l'acide, sans jamais atteindre ni *a fortiori* dépasser 2.

On peut interpréter ce dernier résultat en disant : l'oxydation par l'anhydride chromique brûle les acides, atome par atome, en commençant par l'atome de carbone du groupe carbonyle CO^2H, et l'oxydation s'arrête lorsqu'on arrive à l'acide acétique qui, dans ces conditions, n'est que très incomplètement brûlé. En présence de chromate d'argent, tout est brûlé.

On trouve une confirmation de cette hypothèse dans l'allure du dégagement gazeux qui révèle l'oxydation. L'acide acétique et son anhydride sont complètement brûlés par le chromate de plomb et l'acide sulfurique, mais leur résistance à l'oxydation est marquée par la température voisine de 100° à laquelle se déclare le dégagement gazeux. Pour les dérivés acétylés dont il a été question antérieurement (¹) le dégagement gazeux se produit visiblement en deux temps : le premier correspondant à la partie de la molé-

(¹) *Comptes rendus*, t. 174, 1922, p. 1706-1708.

cule plus combustible, le second, au voisinage de 100° pour le reste acétylé. Or pour les acides acycliques on observe quelque chose de tout à fait analogue : au voisinage de 100° un dégagement gazeux complémentaire se produit qui correspond à l'acide acétique résiduel.

Pour avoir une sûreté de plus on a préparé et soumis à l'oxydation chromique l'acide méthane sulfonique ou plus exactement son sel de baryum $(CH^3SO^3)^2Ba$. On aurait pu imaginer que cet acide monocarboné reste comme résidu final d'oxydation. A la vérité il n'est pas brûlé par l'anhydride chromique. Mais en présence de chromate d'argent il ne l'est que très incomplètement (C pour 100 : calculé 7,34; trouvé, 1,52). Cet acide n'est donc pas le terme intermédiaire d'oxydation des acides acycliques : sa résistance à l'oxydation est néanmoins curieuse par son opposition à l'extrême sensibilité à l'oxydation chromique des éthers de l'alcool méthylique [1].

Conclusions. — Ce qui précède, associé à d'autres considérations, conduit à penser que l'oxydation des homologues de l'acide acétique s'effectue comme l'indique le schéma suivant :

$$R - CH^2 - CO^2H \rightarrow R - CO - CO^2H \rightarrow R - CO^2H, \ldots.$$

Il ne convient donc pas d'étendre à l'oxydation chromique le mécanisme assez généralement admis en chimie biologique de l'oxydation en β ou hypothèse de Knopp dans laquelle la molécule serait amputée de 2 atomes de carbone à la fois. Il est vrai que les chimistes biologiques admettent que dans l'organisme l'acide acétique est très facilement brûlé, alors que vis-à-vis de l'oxydation chromique il apparaît comme résidu inattaquable ou péniblement attaquable de l'oxydation de ses homologues ou des alcools correspondants.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur une méthode de préparation des iodomercurates d'alcaloïdes à l'état cristallisé.* Note de MM. **Maurice François** et **Louis-Gaston Blanc**, présentée par M. Charles Moureu.

Pour savoir si une solution renferme un alcaloïde, on peut se servir de la solution d'iodure mercurique dans l'iodure de potassium, que l'on nomme improprement solution d'iodomercurate de potassium, ou encore, suivant la

---

(1) *Comptes rendus*, t. 170, 1920, p. 514-516.

recette employée pour sa préparation, réactif de de Valser, de Mayer, de Tanret, etc. Le précipité que cette solution d'iodure mercurique fait apparaître dans les solutions acides et très étendues des sels d'alcaloïde, est un iodomercurate d'alcaloïde. Il est généralement blanc ou jaune très pâle et d'une insolubilité presque absolue; il est aussi totalement amorphe. Ce dernier point est généralement admis et les chimistes qui ont essayé d'obtenir les iodomercurates d'alcaloïdes à l'état cristallisé n'y ont pas réussi.

Nous avons à notre tour porté nos efforts sur la résolution de ce problème difficile et ce sont nos résultats que nous annonçons ici.

Partant de cette idée que, pour obtenir des iodomercurates d'alcaloïdes cristallisés, il fallait d'abord les obtenir à l'état dissous, nous avons observé que si l'on ajoutait des quantités massives d'acide chlorhydrique à un iodomercurate d'alcaloïde en suspension dans le mélange de solution d'iodomercurate de potassium et de solution de sel d'alcaloïde où il a pris naissance et si l'on élevait la température sans atteindre l'ébullition, l'iodomercurate d'alcaloïde précipité se dissolvait. La solution soumise à un refroidissement lent laisse généralement déposer des cristaux. Telle est l'observation qui nous a servi de point de départ pour la préparation d'iodomercurates d'alcaloïdes cristallisés.

Toutefois, nous avons jugé qu'au lieu de redissoudre par l'acide chlorhydrique et la chaleur un précipité dans son eau mère, il était préférable d'obtenir un mélange limpide à chaud par addition d'une solution chaude d'un sel d'alcaloïde fortement chargée d'acide chlorhydrique et d'une teneur convenable en alcaloïde à une solution chaude d'iodomercurate de potassium de concentration convenable. Par expérience, nous avons constaté que l'obtention de tels mélanges limpides à chaud est toujours possible, et c'est par la recherche de tels mélanges limpides à chaud qu'on doit débuter dans un essai de préparation d'iodomercurate d'alcaloïde cristallisé.

On y arrive par tâtonnement en mélangeant à volumes égaux des solutions chaudes de sels d'alcaloïde de titre décroissant et des solutions chaudes d'iodomercurate de potassium de titre décroissant, mais en conservant toutefois aux solutions une teneur fixe en acide chlorhydrique pour la solution d'alcaloïde et une teneur fixe en iodure de potassium pour la solution d'iodomercurate.

Ce résultat obtenu, on a en main le procédé de préparation et on n'a qu'à opérer sur de plus grands volumes de liquide pour obtenir des quantités importantes de cristaux. Nous opérons couramment sur un litre de chacune des deux solutions et obtenons de 2^g à 24^g de cristaux, suivant les dilutions

que nous avons été forcés d'adopter pour obtenir des mélanges limpides à chaud.

La méthode que nous venons d'indiquer brièvement est une méthode générale que nous croyons applicable à tous les alcaloïdes. Mais son application n'est pas sans présenter quelques difficultés. Il arrive en effet fréquemment que les mélanges limpides à chaud laissent déposer par refroidissement, non des cristaux, mais des globules transparents, liquides à chaud, solides à froid, bien que l'iodomercurate d'alcaloïde, quand il a été isolé et séché, ait un point de fusion bien supérieur à 95°, température maxima du mélange. On sort généralement de cette difficulté par une modification du milieu liquide.

Résultats. — Nous avons obtenu à l'état cristallisé les iodomercurates de caféine, de théobromine, de quinine, de morphine, de codéine, de cocaïne, de strychnine, de pilocarpine et de spartéine. En plus, nous avons préparé l'iodomercurate cristallisé de quinoléine, corps qui présente des liens étroits avec une famille d'alcaloïdes, plusieurs iodomercurates cristallisés de pyridine ayant été préparés antérieurement par l'un de nous ([1]).

Ces corps se présentent en cristaux brillants de couleur jaune.

Ils ne renferment pas d'eau de cristallisation; ils ne contiennent pas de chlore dans leur molécule. Ce sont des combinaisons d'iodure mercurique et d'iodhydrate d'alcaloïde de formule générale

$$(HgI^2)^m(Alc.HI)^n.$$

Comme les iodomercurates métalliques ([2]), ils sont décomposables par l'eau en iodhydrate d'alcaloïde soluble et en iodure mercurique rouge insoluble, ce qui met dans l'obligation de les recueillir sans lavage et de se priver de les purifier par une seconde cristallisation. L'activité de cette décomposition va en décroissant des plus solubles aux moins solubles. Très marquée dans l'iodomercurate de caféine, elle est à peine perceptible dans l'iodomercurate de quinine.

CHIMIE INDUSTRIELLE. — *Sur les oxy-2-aryl-naphtylamines-1.* Note de MM. **A. Wahl** et **R. Lantz**, présentée par M. A. Haller.

L'élément halogène, fixé dans la molécule d'un phénol, entre difficilement en réaction, même avec les bases fortes, mais il semble en être autre-

([1]) François, *Comptes rendus*, t. 140, 1905, p. 861.

([2]) François, *Comptes rendus*, t. 129, 1899, p. 959.

ment lorsqu'il est fixé dans la molécule d'un naphtol. En effet, les halogéno-α-naphtols réagissent déjà avec les amines aromatiques, mais en donnant lieu à des réactions complexes.

Ainsi Meldola ([1]) décrit la formation de phénylamino-naphtoquinone-anilide par ébullition du dibromo-α-naphtol avec l'aniline, et Reverdin et Crépieux ([2]) signalent la production de colorants rouges, dont ils n'ont pas défini la nature, en chauffant l'aniline avec l'α-chloro-α-napthol ou son carbonate.

Ces résultats ont sans doute paru trop peu intéressants pour qu'on essayât les mêmes réactions avec les dérivés correspondants du β-naphtol.

Or, ayant observé la grande facilité avec laquelle l'atome de brome de de l'α-bromo-β-naphtol est éliminé par simple ébullition avec le sulfite de sodium, nous avons pensé trouver là l'indication que cet élément halogène devait présenter, dans certaines conditions, une grande aptitude réactionnelle. C'est pour vérifier ces prévisions que nous avons été amenés à faire réagir l'α-chloro et l'α-bromo-β-naphtol sur les amines aromatiques. Nous avons alors constaté que, contrairement à ce qui a lieu avec les dérivés de l'α-naphtol, la réaction est, ici, parfaitement régulière et qu'elle peut s'exprimer par la relation :

$$C_{10}H_6(Cl)(OH) + NH^2R = HCl + C_{10}H_6(NHR)(OH)$$

Il en résulte que cette réaction constitue une méthode générale d'obtention des oxy-2-arylnaphtylamines-1 dont on ne connaissait encore aucun représentant. D'ailleurs les oxyarylnaphtylamines sont fort mal connues dans leur ensemble. C'est ainsi qu'on ne connaît que quatre isomères du premier terme, tandis que la théorie en prévoit quatorze.

Ceux qui ont été décrits jusqu'ici possèdent les constitutions suivantes :

$OH : NHC^6H^5$		$= 2 : 7$
»	»	$= 1 : 3$
»	»	$= 1 : 2$
»	»	$= 1 : 4$

On les a obtenus, presque toujours, en faisant agir l'aniline sur les dioxy-

([1]) Meldola, *Chem. Soc.*, 1884, p. 158.

([2]) Reverdin et Crépieux, *Berichte*, t. 28, p. 3049.

naphtalines ou les amino-naphtols, en présence de chlorure de calcium (¹); seul l'isomère 1 : 2 a été préparé par réduction de la phényl-imino-naphtoquinone correspondante (²).

Mode opératoire. — Il consiste à chauffer 1 partie d'α-chloro ou d'α-bromo-β-naphtol avec 5 parties de l'amine, à une température qui diffère suivant la nature de l'amine. Dans le cas de l'aniline, on chauffe à l'ébullition, tandis que dans celui d'amines plus complexes, il suffit de se maintenir à 130°. La vitesse de la réaction est plus grande avec le bromonaphtol qu'avec le dérivé chloré et dans ce cas il est avantageux d'opérer dans un gaz inerte pour éviter l'oxydation par l'air.

On peut d'ailleurs suivre facilement le progrès de la réaction par des dosages de l'halogène déplacé. Quand la transformation est terminée, on élimine l'excès de l'amine par un courant de vapeur ou, plus simplement, en traitant le produit par un acide minéral étendu; le résidu insoluble ne tarde pas à se solidifier, il est essoré, lavé et séché. On le purifie en le dissolvant dans l'acétone et en précipitant par un peu d'acide chlorhydrique concentré; le chlorhydrate, cristallisé, est essoré et décomposé par le carbonate de sodium; finalement, on fait cristalliser la base dans un mélange d'acides acétique et formique. Le rendement dans ces réactions est excellent et dépasse, dans certains cas, 90 pour 100 de la théorie.

D'autre part la généralité de la réaction a été démontrée, jusqu'ici, en l'appliquant aux amines primaires suivantes : aniline, orthotoluidine, paratoluidine, orthocrésidine, crésidine (éther méthylique de l'amino-*p*-crésol). Les caractéristiques des nouveaux produits ainsi obtenus sont : *oxy-2-phénylnaphtylamine-1*

$$C^{10}H^{6}\langle {NH.C^{6}H^{5} \atop OH},$$

aiguilles blanches (F. 155°-156°); *oxy-2-orthotolylnaphtylamine-1*, cristaux rosés (F. 114°-115°); *oxy-2-paratolylnaphtylamine-1*, prismes blancs (F. 138°-139°); *oxy-2-orthométhoxyphénylnaphtylamine-1*

$$C^{10}H^{6}\langle {NH.C^{6}H^{4}.OCH^{3} \atop OH},$$

(¹) FISCHER et SCHÜTTE, *Berichte*, t. 26, p. 3087; CLAUSIUS, *ibid.*, t. 23, p. 517; FRIEDLÄNDER et RUDT, *ibid.*, t. 29, p. 1609; KALLE et Cie, DRP. 60103; et AUMELDUNG, K. 59291 de 1921.

(²) EULER, *Berichte*, t. 39, p. 1038.

aiguilles blanches (F. 110°); *oxy-2-orthométhoxy-m-tolylnaphtylamine*

$$C^{10}H^{6}\begin{cases}NH.C^{6}H^{3}\begin{cases}OCH^{3}\\CH^{3}\end{cases}\\OH\end{cases},$$

aiguilles blanches (F. 118°).

Propriétés des oxyarylnaphtylamines. — Elles constituent des corps bien cristallisés, insolubles dans l'eau, très solubles dans l'acétone, moins dans l'alcool, la benzine, le chloroforme, l'acide acétique; les solutions éthérées sont fluorescentes. Les bases forment des chlorhydrates, cristallisés, peu solubles et dissociables par l'eau.

Les oxyarylnaphtylamines sont solubles dans les alcalis caustiques, grâce à leur fonction phénolique dont la présence est démontrée par la formation d'*éthers méthyliques*. Ainsi, nous avons fait agir le sulfate neutre de méthyle sur les deux premiers termes et avons obtenu la *méthoxy-2-phénylnaphtylamine*-1

$$C^{10}H^{6}\begin{cases}NH.C^{6}H^{5}\\OCH^{3}\end{cases},$$

en prismes blancs (F. 82°-83°), et la *méthoxy-2-paratolylnaphtylamine* en aiguilles (F. 94°).

Nous nous occupons d'étendre ces réactions à d'autres amines. Tous ces composés constituent de nouvelles matières premières facilement accessibles, qui trouverontleur emploi dans la synthèse des matières colorantes.

CRISTALLOGRAPHIE. — *Sur le pouvoir rotatoire des cristaux et le pouvoir rotatoire moléculaire.* Note [1] de M. **Louis Longchambon**, présentée par M. Fred. Wallerant.

La connaissance des relations qui peuvent exister entre le pouvoir rotatoire moléculaire et le pouvoir rotatoire cristallin est susceptible de donner d'utiles renseignements sur la structure cristalline, et sur la molécule elle-même.

On peut comparer les propriétés rotatoires de plusieurs substances ou de divers états d'une même substance à deux points de vue différents : la grandeur de la rotation pour une radiation déterminée, ou le rapport des rotations pour deux radiations données, c'est-à-dire la dispersion rotatoire.

---

[1] Séance du 10 juillet 1922.

1° *Valeur des pouvoirs rotatoires moléculaires et cristallins pour une même radiation.* — Remarquons d'abord que, si le pouvoir rotatoire cristallin est une constante, le pouvoir rotatoire moléculaire est souvent variable avec le solvant et la concentration; la comparaison n'est donc possible que si l'on mesure le pouvoir rotatoire moléculaire sur le corps fondu, ou si l'on trouve plusieurs solvants dans lesquels le pouvoir rotatoire ait la même valeur et soit indépendant de la concentration.

Le pouvoir rotatoire cristallin sera rapporté à des lames d'un millimètre d'épaisseur; si α est le pouvoir rotatoire moléculaire spécifique de la substance on devra comparer au pouvoir rotatoire du cristal la quantité $\frac{\alpha.d}{100}$, d étant la densité du cristal.

Voici maintenant un Tableau contenant les résultats obtenus par différents auteurs et par moi-même:

	$[\alpha]_{589}$.	$\frac{[\alpha].d}{100}$.	Pouvoir rotatoire cristallin.
	°	°	°
Camphre de matico.........	— 29	—0,31	— 1,92
Camphre de patchouli.......	—120	—1,26	— 1,325
Camphre ordinaire..........	+ 55,5	+0,55	+ 0,65
Saccharose.................	+ 66,4	+1,05	axe fort +5°,38 axe faible —1°,61
Tartrate de rubidium........	+ 25,63	+0,69	—10,24
Tartrate d'ammonium.......	+ 38,5	+0,61	— 8,9
Molybdomalate d'ammonium.	+220	+5	+32,3

On voit que, si le pouvoir rotatoire cristallin est souvent beaucoup plus grand que le pouvoir rotatoire moléculaire, le rapport entre ces deux valeurs est variable d'une substance à l'autre. Ces résultats peuvent être interprétés de plusieurs façons différentes :

a. On peut admettre, avec Traube et Landolt, que le pouvoir rotatoire de la molécule est le même dans toutes les directions, et qu'il se superpose, dans le cristal, à un pouvoir rotatoire de structure variable avec la direction. Ainsi, le pouvoir rotatoire moléculaire du tartrate de rubidium étant + 0°,69 et son pouvoir rotatoire cristallin — 10°,24, le pouvoir rotatoire structural serait de —(10°,24 + 0°,69) = — 10°,93.

b. On peut supposer que le pouvoir rotatoire de la molécule est variable avec la direction, et qu'il n'existe pas de pouvoir rotatoire de structure.

c. Enfin, le pouvoir rotatoire moléculaire étant supposé variable avec la direction, il peut exister un pouvoir rotatoire de structure, variable lui aussi avec la direction.

2° *Comparaison des dispersions rotatoires.* — Gernez a montré par des expériences précises que la dispersion rotatoire était beaucoup moins influencée que la valeur du pouvoir rotatoire par les changements d'état physique. Il est donc particulièrement intéressant de comparer cette dispersion moléculaire à la dispersion rotatoire des cristaux.

Voici les résultats obtenus pour quelques substances :

Saccharose.

	Pouvoir rotatoire.			Dispersion.		
λ	579.	546.	436.	579.	546.	436.
Cristallisé. Axe fort	+ 5°,38	+ 6°,19	+ 10°,1	1	1,15	1,88
Cristallisé. Axe faible	— 1,61	— 1,78	— 3,06	1	1,11	1,90
Liquide	+69	+79	+129	1	1,14	1,87

Ainsi, malgré les grandes variations de la valeur du pouvoir rotatoire, en passant de l'état liquide à l'état cristallisé, variations qui vont jusqu'au changement de signe, la dispersion rotatoire reste constante.

L'étude des substances douées d'une dispersion rotatoire élevée était indiquée pour préciser cette relation. Voici les résultats donnés par le molybdomalate d'ammonium, isolé par E. Darmois, et par le camphre ordinaire :

Molybdomalate d'ammonium.

	Pouvoir rotatoire.		Dispersion.	
λ	579.	436.	579.	436.
Cristallisé	32°,3	72°,87	1	2,256
En solution	220	497	1	2,26

Ici encore, la dispersion rotatoire du cristal est la même que celle des solutions.

Camphre.

	Dispersion rotatoire.				
λ	589.	578.	546.	492.	436.
En solution dans l'éther	1	1,053	1,262	1,785	2,918
» » l'hexane	1	1,055	1,270	1,790	2,930
Liquide	1	1,05	1,28	1,8	2,8
Gazeux	1	1,06	1,27	1,8	2,9
Cristallisé	1	1,06	1,27	1,8	2,7

La dispersion rotatoire est ici la même pour les trois états, gazeux, liquide et cristallisé, de la substance active.

On peut tirer de ces faits des conclusions valables pour tous les corps qui se comporteront de la même façon que ceux étudiés : il suffit de reprendre les hypothèses déjà faites sur le pouvoir rotatoire moléculaire et la structure des cristaux actifs, en tenant compte de l'identité des dispersions rotatoires moléculaires et cristallines.

a. S'il existe un pouvoir rotatoire de structure, il présente forcément la même dispersion que le pouvoir rotatoire de la molécule;

c. Même conclusion.

A priori, on ne voit pas pourquoi l'empilement dissymétrique de molécules actives conduirait à un pouvoir rotatoire de structure présentant *nécessairement* la même dispersion rotatoire que celle des molécules elles-mêmes. La chose est à étudier du point de vue théorique.

b. Si, au contraire, la dispersion moléculaire et la dispersion structurale ne sont pas forcément les mêmes, l'hypothèse *b* est la seule admissible : *il n'existe pas de pouvoir rotatoire de structure*.

Le pouvoir rotatoire du cristal est alors le pouvoir rotatoire de la molécule dans une direction déterminée et il est établi expérimentalement que ce pouvoir rotatoire est variable avec la direction.

Enfin, dans tous les cas, la dispersion rotatoire de la molécule est indépendante de la direction d'observation.

GÉOLOGIE. — *Sur la présence de* Nummulites variolarius Lmk. sp. *dans les sables de Cresnes, de Marines et du Ruel et sur sa signification.* Note de M. **René Abrard**.

Dans la classification actuellement admise ([1]), les sables éocènes du Bassin de Paris, compris entre le Lutétien et le Ludien, sont considérés comme constituant deux étages distincts, l'*Auversien* à la base comprenant les zones d'Auvers, du Guespelle, d'Ermenonville, de Beauchamp, d'Ezanville, de Mortefontaine, et le *Bartonien* au sommet, représenté par les sables de Marines, de Cresnes et du Ruel. Entre ces deux séries sableuses, s'intercalerait l'épisode du calcaire de Saint-Ouen.

Dans cette classification, l'Auversien, essentiellement caractérisé par *Nummulites variolarius* Lmk. *sp.* serait synchronique du Ledien de Belgique

([1]) *B. S. G. F.*, 4e série, t. 5, 1905, p. 683-684.

et des couches supérieures de Bracklesham, qui renferment également *Num. variolarius*. Au contraire les sables de Marines, de Cresnes et du Ruel, actuellement rattachés au Bartonien et considérés comme ne renfermant pas *Num. variolarius* (¹) seraient l'équivalent du Wemmelien et de l'Asschien de Belgique, et du Barton Clay à *Nummulites wemmelensis* de la Harpe et van den Brœck.

Deux faits nouveaux montrent que cette manière de voir doit être modifiée :

1° Les sables du Ruel et de Marines renferment en abondance *Nummulites variolarius* ; j'ai retrouvé cette même espèce mais moins fréquente dans les sables de Cresnes (Croix-Mathieu) (²);

2° *Voluta athleta* Sol, considérée comme caractéristique du Barton Clay et des sables du Ruel, de Marines et de Cresnes (³) a été trouvée à Auvers (⁴).

Si, de plus, on examine la faune de Polypiers, on voit que toutes les espèces du niveau d'Auvers, *Trochoseris distorta*, *Lobopsammia cariosa*, *Cyathoseris infundibuliformis*, etc., se retrouve en extrême abondance à Cresnes, Chars, Marines, le Ruel. En faisant une étude comparative des faunes de Mollusques d'Auvers et de Marines et du Ruel, on est frappé de leur identité : *Arca appendiculata*, *Cardium porulosum*, *Lucina gigantea*, *Natica grossa*, *Melongena minax*, *Voluta strombiformis*, pour ne citer que les principaux, sont communs aux deux niveaux. Certes, cette identité dans la faune peut, dans une certaine mesure, être due à l'analogie de faciès, et je ne conteste pas que les sables de Cresnes et du Ruel ne soient peut-être plus élevés dans la série que ceux d'Auvers. Mais on ne peut placer dans deux étages différents des couches qui renferment la même faune de Polypiers, la même faune de Mollusques et la même Nummulite : *on ne peut admettre qu'un seul étage bien défini entre le Lutétien et les couches à Pholadomya ludensis*.

Il faut de plus renoncer à considérer comme synchroniques les sables du Ruel et de Cresnes à *Num. variolarius*, d'une part, et le Wemmelien et le Barton Clay à *Nummulites wemmelensis* d'autre part; *le Wemmelien et le*

(¹) *Loc. cit.*, p. 745-747.

(²) Ce fait semble cependant avoir été indiqué par Munier-Chalmas, qui dit « La *Nummulites variolaria* se rencontre dans toutes les assises bartoniennes ». (*B. S. G. F.*, 3ᵉ série, t. 22, 1894, p. 476.

(³) *Notice sur les travaux scientifiques de M. Munier-Chalmas*, Lille 1903, p. 65.

(⁴) Par M. L. Chayla; sa collection.

Barton Clay correspondent à des niveaux plus élevés que les sables de Marines et de Cresnes (¹).

Ces observations montrent que bien des problèmes restent à élucider dans l'étude stratigraphique du Bassin de Paris, et dans son parallélisme avec le Bassin anglo-belge.

ANATOMIE VÉGÉTALE. — *La paroi du pistil et du fruit dans le genre* Euphorbia. Note de MM. **P. Lavialle** et **J. Delacroix**, présentée par M. Guignard.

Leclerc du Sablon (²), étudiant la zone sclérifiée interne du péricarpe de *Mercurialis annua* (dont la structure est analogue, selon l'auteur, à celle d'*Euphorbia Peplus*), y décrit trois couches distinctes formées chacune d'*une seule assise de cellules*. « L'épiderme interne, dit-il, est formé de fibres inclinées à 45° environ sur l'axe du fruit. Puis vient une assise de cellules régulières, très allongées radialement, et enfin une assise de fibres, perpendiculaires aux fibres épidermiques ».

Nous verrons que cette description n'est applicable ni au fruit d'*E. Peplus*, ni à ceux des autres Euphorbes, en ce qui concerne la structure de l'endocarpe, qui est régulièrement pilifère dans le genre *Euphorbia*. Elle n'est pas davantage applicable aux assises cellulaires constituant les zones sclérifiées interne, externe et moyenne.

Il n'existe, à notre connaissance, aucun travail relatif à la différenciation progressive des tissus carpellaires et en particulier à l'origine exacte des zones sclérifiées internes. D'autre part, l'existence de poils endocarpiques n'a été signalée, très succinctement d'ailleurs, que par Baillon (³) et dans une seule espèce, l'Epurge.

Voici le résumé de l'étude histologique du développement du pistil en fruit chez *Euphorbia segetalis* L. prise comme type parmi les espèces du genre qui nous occupe.

Dans l'ovaire très jeune, le parenchyme situé entre les deux épidermes du carpelle est parfaitement homogène. La différenciation ultérieure n'intéresse que l'épiderme

---

(¹) Un fait qui demanderait confirmation est la présence à Luzancy, en compagnie de *Num. variolarius*, d'une Nummulite voisine de *N. wemmelensis* (De Lapparent, *Traité de Géologie*, p. 1535).

(²) Leclerc du Sablon, *Recherches sur la déhiscence des fruits à péricarpe sec* (*Thèse de Doctorat ès sciences naturelles*, Paris, 1884, p. 82).

(³) H. Baillon, *Étude générale du groupe des Euphorbiacées*, Paris, 1858, p. 172.

supérieur du carpelle et les deux assises qui lui sont directement juxtaposées, et s'étend, pour ces trois assises, du voisinage des trois lignes suturales externes jusqu'à la nervure médiane de chaque carpelle.

a. L'épiderme supérieur du carpelle se divise par des cloisonnements tangentiels et donne naissance à deux ou trois assises cellulaires. De ces trois assises, la plus interne, qui constitue en fait l'endocarpe, cloisonne ses éléments dans le sens radial. Un très grand nombre des cellules ainsi produites se développent considérablement vers le centre de chaque loge, et donnent des poils, nombreux et longs, au voisinage de la nervure médiane et de la columelle centrale, moins nombreux et moins longs dans les régions intermédiaires. Ces poils sont unicellulaires, très rarement pluricellulaires, à parois cellulosiques très minces. Leur forme est rarement celle d'un cylindre parfait; le plus souvent ils sont légèrement dilatés en massue, parfois même irrégulièrement mamelonnés à leur extrémité.

Les deux autres assises, ou l'autre assise, d'origine épidermique au même titre que l'assise pilifère interne, sont formées d'éléments allongés tangentiellement, qui sclérifient leurs membranes et aboutissent à la production d'une ou deux assises de fibres dont le grand axe est incliné à 45° environ sur le plan de symétrie du carpelle. La direction de ces fibres, considérée de bas en haut, entre la nervure médiane et le point externe de suture, est telle que ces fibres paraissent se rapprocher, à la fois, du sommet du pistil et de la suture. Aux niveaux des nervures médianes et des points suturaux externes, les fibres s'inclinent de plus en plus fortement, de façon à prendre une direction parallèle au plan de symétrie des carpelles ou au plan de suture, de telle sorte qu'une section transversale du pistil coupe ces fibres, aux deux niveaux considérés, perpendiculairement à leur axe.

b. L'assise située immédiatement au-dessous et au contact de l'épiderme supérieur du carpelle subit un allongement radial assez considérable pour occuper la moitié au moins de l'épaisseur totale de la paroi du fruit mûr. Les membranes cellulaires se sclérifient fortement et régulièrement de la zone fibreuse interne à la zone fibreuse externe. La hauteur de ces cellules en palissade s'atténue progressivement vers la nervure médiane du carpelle, de façon à confondre ses éléments avec ceux des zones sclérifiées interne et externe.

c. L'assise située au-dessous de la précédente subit, entre le point sutural externe et la nervure médiane, des cloisonnements et un allongement tangentiels. Les membranes se sclérifient fortement, et l'ensemble donne naissance à une zone constituée par trois ou quatre assises de fibres. Cette zone externe de fibres est parallèle à la zone interne, *mais la direction du grand axe des fibres de cette zone externe est perpendiculaire à la direction du grand axe des fibres de la zone interne*. Autrement dit, les fibres externes et internes ont des directions croisées. De plus on voit, comme dans la zone interne, la direction des fibres s'incliner progressivement pour devenir parallèle au plan de symétrie du carpelle et au plan sutural.

Quant à la région externe du péricarpe mûr, elle ne présente pas, chez *E. segetalis*, de différenciation méritant d'être signalée.

Variations de structure. — Les variations de structure permettent d'établir des distinctions entre diverses espèces.

Poils endocarpiques. — *E. Gerardiana* Jacq.; *E. Myrsinites* L.; *E. palustris* L.;

E. Cyparissias L.; *E. Peplus* L.; *E. Chamæsyce* L., etc., sont pourvues de poils endocarpiques plus ou moins abondants, d'origine identique à ceux décrits pour *E. segetalis*, et atteignant parfois un développement considérable.

Au contraire, chez *E. exigua* L.; *E. papillosa* De Pouz.; *E. platyphylla* L.; *E. dulcis* L., les poils existent, mais sont très rares et ordinairement localisés à la nervure médiane ou au voisinage de la columelle centrale.

Conclusions. — Plusieurs auteurs ont établi les relations de voisinage qui lient les Euphorbiacées aux Malvacées, par la morphologie de l'androcée et du périanthe. D'autres caractères, tirés du nombre et de la direction des ovules, ont permis à Lindley (¹) de rapprocher les Euphorbiacées des Rutacées et en particulier des Aurantiées.

L'existence régulière de poils d'origine endocarpique, plus ou moins abondants, dans les loges du pistil des Euphorbes, rapproche cette famille de celle des Malvacées et plus particulièrement de la tribu des Bombacées. Chez ces dernières, l'endocarpe présente parfois des productions piliformes très abondantes, remarquables surtout chez *Eriodendron anfractuosum*.

L'existence des mêmes poils endocarpiques vient également corroborer les affinités qui unissent les Euphorbiacées aux Rutacées et particulièrement aux Aurantiées.

L'appareil mécanique qui intervient activement dans la déhiscence et dans la force des valves du fruit des Euphorbes, tire exclusivement son origine de l'endocarpe et des deux assises du parenchyme carpellaire situées au contact immédiat de cet endocarpe.

PHYSIOLOGIE. — *L'enregistrement des vibrations longitudinales du muscle pendant la contraction volontaire.* Note de MM. **J. Athanasiu** et **L. Bull.**

Dans les recherches qu'un de nous a faites sur l'énergie nerveuse motrice (²), il a paru nécessaire d'inscrire, en même temps que le courant d'action du muscle en contraction volontaire, ses vibrations ou trémulations longitudinales, par une autre méthode que la myographie habituelle, qui ne permet pas une pareille inscription. Nous avons employé dans ce but un myographe électrique, représenté schématiquement sur la figure 1.

Nous avons enregistré simultanément, à l'aide de deux galvanomètres à

(¹) J. Lindley, *The vegetable Kingdom*, 2ᵉ édition, 1847.

(²) J. Athanasiu, *Sur l'énergie nerveuse motrice* (*Comptes rendus*, t. 175, 1922, p. 56 et 114).

corde, le courant d'action des muscles fléchisseurs des doigts (I) et leurs trémulations longitudinales (II) (*fig.* 2), pendant l'effort volontaire.

Ce dernier tracé nous préoccupera seul ici, le premier (l'électromyogramme) ayant fait l'objet d'une Note antérieure. Nous voyons que ce tracé

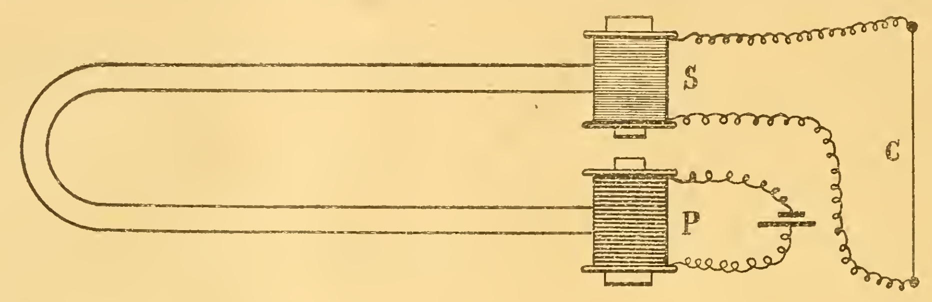


Fig. 1.

Une tige plate en acier, coudée en U, porte à chaque extrémité une bobine avec noyau de fer. — L'une de ces bobines, P, enroulée avec de gros fil, reçoit le courant d'un accumulateur de 2 volts; l'autre bobine, S, enroulée avec du fil fin, se trouve reliée à un galvanomètre à corde (C). — Toute variation de distance entre les deux bobines se traduit par la production d'un courant induit dans la bobine secondaire S, de sorte que si l'on serre cet appareil dans la main, comme un dynamomètre ordinaire, toutes les variations de l'effort du muscle se trouvent transformées en variations électriques pouvant être inscrites par le galvanomètre à corde (C).

présente de nombreuses inflexions : les unes de grande amplitude, au nombre de 10 à 12 par seconde, correspondent, très probablement, aux

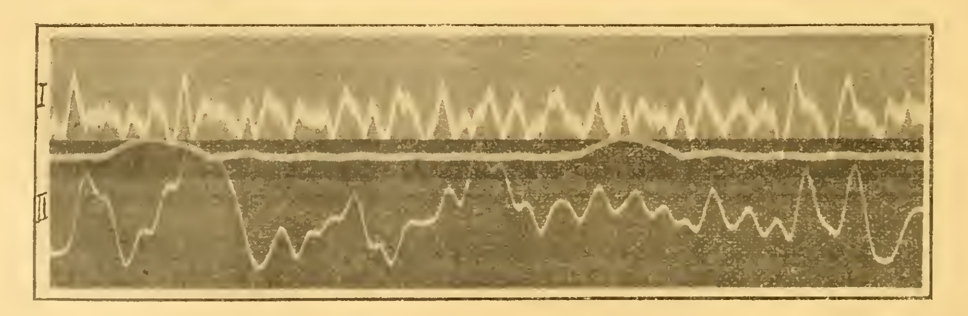


Fig. 2. — Inscription simultanée du courant d'action (I) et des secousses musculaires (II) chez l'homme pendant l'effort volontaire des muscles fléchisseurs des doigts.
I. Électromyogramme. — Corde en verre argenté, $2^{\mu},5$; résistance, 6500 ohms; tension, $1^{mm},5$ pour 0,001 volt.
II. Myogramme. — Corde en verre argenté, 3^{μ}; résistance, 4000 ohms; tension, $1^{mm},5$ pour 0,001 volt; amplification optique, 350 fois.

phases d'excitabilité des centres nerveux qui passent par des minima (période réfractaire) et des maxima, ainsi que Richet et Broca [1] l'ont démontré;

---

[1] A. Broca et Ch. Richet, *Comptes rendus*, t. 124, 1897, p. 573.

les autres de petite amplitude, mais beaucoup plus nombreuses (90 à 120 par seconde) sont en parfaite concordance avec les grandes oscillations de l'électromyogramme. Cette concordance prouve qu'elles ont la même origine.

On doit donc les considérer comme une représentation fidèle des secousses qui constituent la contraction volontaire du muscle.

Ainsi se trouve confirmée l'opinion que nous avons émise, dans notre étude sur l'électromyogramme, à savoir que les grandes oscillations de ce graphique représentent les secousses musculaires.

Cette méthode d'inscription simultanée des secousses et du courant d'action des muscles en contraction volontaire pourrait rendre de grands services à la clinique des maladies nerveuses.

PHYSIOLOGIE GÉNÉRALE. — *Schéme physique de la perméabilité sélective des cellules vivantes aux différents ions.* Note de MM. **Pierre Girard**, **W. Mestrezat** et **Li-Shou-Houa**, présentée par M. G. Urbain.

Nous avons établi dans une Note précédente[1] que les parois des cellules vivantes offrent la remarquable propriété d'être sélectivement perméables aux ions du milieu. L'importance chimique de cette donnée nouvelle se comprend aisément, si l'on remarque que, jusqu'ici, les lois de l'affinité et le seul point de vue réactionnel se montrèrent impuissants à rendre compte de l'élaboration de la presque totalité des constituants de la matière vivante, *dans les conditions et par les moyens mis en œuvre* chez les animaux et les végétaux. Les possibilités d'interprétation s'accroissent notablement si l'on envisage des échanges entre deux milieux électrolytiques que séparent des parois douées de telles propriétés. Dans ces conditions, le chimisme cellulaire nous apparaît dominé (nous envisageons ici les constituants minéraux) par le principe de l'équilibration des charges, auquel cette perméabilité sélective impose diverses modalités : d'où l'apparition des constituants chimiques dont ne peuvent rendre compte les seules lois de l'affinité.

Nous avons envisagé, pour rendre compte de cette perméabilité sélective des parois vivantes, l'intervention de différents facteurs et, tout d'abord, la condensation d'ions de signe opposé dans de minces couches liquides adhérentes aux parois cellulaires. Le déplacement vers un pôle des cellules auto-

(1) *Comptes rendus*, t. 174, 1922, p. 1727.

nomes dans un milieu conducteur soumis à l'action d'un champ suggère l'existence de tels feuillets électriques.

Il est facile de reproduire des condensations de charges analogues au voisinage des faces d'un septum inerte séparant deux milieux conducteurs, dont l'un, au moins, a un *p*H s'écartant de la neutralité. Dans ces conditions, comme l'a montré l'un de nous, le septum se polarise sans source électrique extérieure au système. Des ions (H et OH) s'accumulent symétriquement à l'entrée et à la sortie des conduits capillaires qui le traversent dans son épaisseur (¹).

Nous avons étudié les perturbations apportées dans les vitesses de passage des anions et des cations d'une solution diffusant vers l'eau pure, à travers un septum ainsi polarisé. Les chiffres ci-dessous donnent (en *ions-gramme* par litre) les quantités de substances diffusées après 30 minutes ou une heure. La polarisation du septum (en baudruche) restait toujours voisine de 0,030 volt, la chute de potentiel allant de la solution vers l'eau pure; α est le coefficient de dissociation du sel, α' celui de l'acide.

$BaCl^2 + NO^3H$.		$BaI^2 + NO^3H$.		$MgCl^2 + NO^3H$.		$Ba(NO^3)^2 + CCl^3CO^2H$.	
$\frac{n}{10}$.	$\frac{n}{6,5}$.	$\frac{n}{10}$.	$\frac{n}{6,5}$.	$\frac{n}{10}$.	$\frac{n}{6,5}$.	$\frac{n}{20}$.	$\frac{n}{6,5}$.
Cl.....	0,0100	Cl.....	0,0090	Cl.....	0,0080	NO^3.......	0,0040
Ba.....	0,0013	Ba.....	0,0009	Ba.....	0,0012	Ba.........	0,0003
NO^3....	0,0070	I......	0,0067	NO^3...	0,0060	CCl^3CO^2...	0,0023
H.....	0,0143	H.....	0,0139	H.....	0,0120	H.........	0,0057
$\alpha = 0,70$,	$\alpha' = 0,88$,	$\alpha = 0,70$,		$\alpha = 0,65$,		$\alpha = 0,68$,	$\alpha' = 0,85$.

On voit que le nombre d'ions Ba ou Mg diffusés, à quelque anion qu'on les rapporte, est toujours extrêmement inférieur à ce qu'exigerait l'équivalence chimique. Il en serait de même — les écarts étant un peu moins marqués — avec un cation monovalent, comme AzH^4 de AzH^4Cl. (Ces résultats ne s'obtiendraient plus avec une solution neutre; dans ces conditions, le septum ne se polarisant plus, les anions et les cations du sel le franchiraient en proportions exactement équivalentes.)

D'autre part, comme les anions du sel aussi bien que ceux de l'acide diffusent, en grand excès par rapport à Ba, Mg ou NH^4, il est aisé de prévoir que c'est avec les ions H que se rétablira, dans le milieu de diffusion, l'équilibre des charges, et l'expérience montre en effet que l'addition d'un sel de Ba ou de Mg à une solution d'un acide fort accroît notablement la diffu-

(¹) *Comptes rendus*, t. 151, 1910, p. 99.

sion des ions H vers l'eau à travers le septum. Ainsi le septum polarisé se comporte comme un modificateur sélectif de la mobilité des cations; favorisant le passage des uns (H), mettant obstacle au passage des autres (Ba, Mg, etc.).

Envisageons maintenant le passage des anions. Les conditions de nos expériences étaient telles que les concentrations, les valences et les mobilités étaient les mêmes (ou très voisines) pour les anions du sel et ceux de l'acide; il n'y avait donc *a priori* aucune raison, les conditions électrostatiques restant aussi les mêmes pour que le passage des uns ou des autres se trouvât favorisé. Cependant l'inégalité des débits fut un résultat constant de nos expériences, ainsi qu'on peut le voir en se rapportant au Tableau ci-dessus. Il semble bien, ici, que ce soit un facteur morphologique : la complexité de l'ion, c'est-à-dire, en somme, le volume qu'il occupe, qui conditionne ces écarts. La comparaison de NO^3 avec Cl^- et I^- d'une part et CCl^3CO^2 d'autre part est bien conforme à ce point de vue. Ajoutons que ces écarts sont directement fonction du diamètre des pores capillaires du septum. A ce point de vue, les résultats de nos expériences ne sauraient être, quant à l'effet sélectif, qu'une imparfaite imitation de ce qui se passe *in vivo*, où les interstices micellaires des parois des cellules sont infiniment plus étroits.

Lorsque dans une solution de $BaCl^2$ figure un acide très faible, très peu dissocié tel que HCOOH (dont le sel alcalino-terreux est, lui, très dissocié) l'obstacle apporté par la polarisation du septum au passage des cations du sel et la nécessité d'équilibrer l'excès des anions diffusés, entraîne cette double conséquence de la dissociation de l'acide faible et de l'apparition de l'autre côté du septum d'un acide fort (HCl). Du point de vue réactionnel ce résultat qui équivaut dans le langage de l'ancienne chimie, au déplacement d'un acide fort par un acide faible est tout à fait imprévisible [1].

Les conditions réalisées *in vivo* sont moins simples que dans nos expériences, et, en outre, c'est une solution électrolytique et non pas de l'eau pure qui constitue le milieu intra-cellulaire, en sorte que l'équilibration des charges que tend à rompre la perméabilité sélective de la paroi polarisée se rétablira en partie par des échanges d'ions, mais au cours de ces échanges, l'action sélective de cette paroi s'exercera d'une manière très voisine de celle qui est révélée au niveau de notre septum, et la conséquence sera sans doute dans le milieu intra-cellulaire comme dans notre milieu de diffusion la réalisation d'autres états d'équilibres et l'apparition de groupements chimiques nouveaux que les seules lois de l'affinité chimique (sans l'intervention du septum) n'auraient pas fait prévoir.

---

[1] Ce processus rappelle en somme beaucoup l'élaboration de HCl (à partir de NaCl et CO^3H^2 par les cellules des glandes gastriques).

PATHOLOGIE EXPÉRIMENTALE. — *Recherches expérimentales sur la genèse de la crise hémoclasique des irradiations intensives.* Note de Mlle **Marthe Giraud**, M. **Gaston Giraud** et M. **L. Parès**.

L'organisme soumis aux applications intensives de rayons X leur oppose une réponse immédiate dont l'intensité varie suivant l'importance de l'irradiation et suivant l'état de sensibilisation antérieure du sujet : parfois latente, la réaction, très variable, peut aller, dans les cas extrêmes, jusqu'aux manifestations impressionnantes du mal des rayons de Béclère.

Dans une première série de recherches ([1]) nous avons pu relever, au cours des accidents immédiats d'intolérance aux rayons, les stigmates sanguins d'une crise hémoclasique qui traduisent le déséquilibre humoral de l'irradié, et permettent de rattacher, au moins pour une part importante, les troubles qu'il présente aux phénomènes de choc. Joltrain et R. Bénard ([2]) ont fait des constatations concordantes et ont conclu de même.

Quel est le facteur du choc dans l'irradiation intensive? S'agit-il d'une action purement physique des rayons, qui rompraient l'équilibre colloïdal humoral, comme le froid détruit le complexe hémolytique et déclenche la crise d'hémoglobinurie paroxystique essentielle? Widal, Abrami et Brissaud ont bien démontré la possibilité de ces chocs physiques. Schrumpf-Pierron a accusé la surcharge électrique passive du corps de l'irradié, mais la mise du malade à la terre, si elle évite certains troubles, ne supprime pas la crise hémoclasique. On a récemment incriminé l'ozone (Mallet et Colliez), et cette question a été discutée à la Société de Radiologie médicale de France ([3]).

Nous nous étions nous-mêmes demandés si la crise hémoclasique ne traduirait pas le premier déversement, dans le torrent sanguin général, des produits de la lyse des tissus irradiés.

Nous nous sommes proposé de rechercher tout d'abord *le point de départ du processus du choc par les rayons :* la crise hémoclasique est-elle la suite d'une sollicitation générale de l'organisme, ou dérive-t-elle des transformations intimes qui se produisent au sein des tissus directement soumis aux rayons?

([1]) *Comptes rendus*, t. 174, 1921, p. 801.

([2]) *Société de Biologie*, 8 avril 1922.

([3]) *Société de Radiologie médicale*, 11 avril et 9 mai 1922.

Pour résoudre cette question, nous avons cherché à pratiquer des irradiations intensives sur un organe particulièrement vulnérable aux rayons, sur lequel ces derniers puissent être convenablement concentrés, et que nous puissions, à volonté, exclure temporairement de la circulation générale, pour l'y réintroduire ensuite. Nous avons opéré sur un chien, chez lequel M. Hédon avait pratiqué, le 17 décembre 1921, l'exo-splenopexie sous-cutanée abdominale, dont il a réglé la technique : la rate, maintenue sous la peau de l'abdomen, pédicule intact, est ainsi très accessible, et la santé de l'animal n'est nullement altérée.

Des applications ont été faites sur cette rate, dont voici les constantes : Etincelle équivalente : 20^{cm}. — Intensité : 2 milliampères. — Filtration sur 5^{mm} d'aluminium. — Durée d'application : 20 minutes. — quantité après filtre : 6 H (tube Coolidge-Pilon).

Les séances, répétées au début tous les huit, puis tous les quinze jours, ont été par la suite mensuelles.

L'identification de la crise hémoclasique a été faite par la recherche de la leucopénie périphérique et la mesure des variations du temps de la coagulation sanguine sur lames. Ces stigmates, qui ne sont pas apparus après la première séance d'irradiation, ont été très nets à partir de la seconde et n'ont plus manqué par la suite. Le 24 février, par exemple, l'écart a été de 16000 G. B. à 9500; le 18 mars, de 18500 à 9500; le 29 avril, où l'irradiation a été maintenue pendant 27 minutes, le taux leucocytaire est tombé de 18500 à 5000 à la fin de l'irradiation et ne s'est relevé qu'après une heure (il se relevait, d'ordinaire, entre la 20e et la 40e minute). Parallèlement, le temps de coagulation sanguine variait de plusieurs minutes (chute de 8 à 3 minutes par exemple, le 31 mai).

Lorsque nous avons été en possession de la technique susceptible de déterminer avec certitude le choc hémoclasique chez l'animal, nous avons procédé, dans des conditions radiologiquement identiques, à des irradiations de sa rate, exclue au préalable de la circulation générale par l'application d'un double champ caoutchouté et élastique sur son pédicule, pincé à travers les téguments : la rate en ectopie peut être suffisamment attirée à distance de la boutonnière abdominale pour que l'élongation du pédicule permette sa striction. Nous nous étions auparavant assurés, par des applications simples des clamps sans irradiation, que cette striction est tolérée par les tissus, et que d'autre part ni la striction ni la levée du clamp n'entraîne de modifications immédiates dans le sang périphérique.

L'irradiation a été faite sur la rate ainsi exclue, les autres parties de l'animal étant protégées par un revêtement de lames de plomb.

Tant que la pince a été en place, nous n'avons noté aucune variation de l'équilibre leucocytaire. Mais aussitôt après la levée du clamp, effectuée après la cessation de l'irradiation, la leucopénie a été observée.

Voici quelques chiffres :

	Le 31 mai.	Le 24 juin.
	G. B.	G. B.
Équilibre initial	14000	16000
Taux après 20 minutes d'irradiation sous clamp, avant la levée de ce dernier	13500	15500
Taux 7 minutes après la levée du clamp	6500	»
» 15 » » »	6000	9000
» 30 » » »	12000	5000
» 45 » » »	»	12000

Toutes les numérations périphériques ont été faites dans des conditions comparables, après scarification de la même oreille.

La crise hémoclasique que l'on observe à la suite de l'irradiation intensive est donc bien en rapport avec les réactions intimes des tissus irradiés eux-mêmes. Et d'autre part, puisque, par l'arrêt des communications vasculaires de ces tissus avec la circulation générale, on peut retarder à volonté ce choc tant que dure cette exclusion ; puisqu'on le voit au contraire apparaître aussitôt après la levée de la striction temporaire du pédicule vasculaire de l'organe, alors que toute irradiation est supprimée, c'est bien qu'il passe par la voie de la circulation générale des substances nées dans cet organe et susceptibles de le provoquer.

Tout se passe donc comme si les tissus élaboraient d'emblée, sous l'influence d'une application intensive de rayons X, des substances génératrices de choc, qui se déverseraient dans la circulation générale : albumines plasmatiques ou tissulaires, bouleversées dans leur équilibre colloïdal, ou même plus gravement atteintes encore et frappées à mort. Lœper a mesuré le déversement dans le sang d'« albumines nouvelles et insolites » venues des tumeurs malignes irradiées, albumines susceptibles sans doute de « provoquer, dit-il, ce choc hémoclasique sur lequel a tant insisté M. Widal. » Nous pensons que, dans notre expérience, la lyse des leucocytes et de la pulpe splénique, tissus radiosensibles, a entraîné dans la circulation générale le déversement d'albumines hétérogénéisées qui sont bien responsables du choc primitif observé.

MÉDECINE EXPÉRIMENTALE. — *La réaction de fixation dans le diagnostic de la tuberculose des Bovidés.* Note de MM. **L. Panisset**, **J. Verge** et **E. Grasset**, présentée par M. E. Leclainche.

Nous avons examiné, par la méthode de Bordet-Gengou, 148 sérums de bovidés tuberculeux, 1 sérum de chien atteint d'ostéo-arthropathie hypertrophiante, 63 sérums de bovidés sains, 3 sérums de chiens normaux. Nous avons suivi la technique de Calmette et Massol : doses croissantes d'alexine diluée au quinzième, en présence de quantités fixes d'antigène et du sérum à étudier.

Nous avons effectué ces essais soit avec l'antigène de Boquet et Nègre, soit avec l'antigène de Besredka, que nous avons ainsi pu comparer.

Le Tableau suivant montre les résultats que nous avons obtenus :

	Total.	R. de F. positives.	R. de F. négatives.	Pourcentage des R. de F. : positives.	Pourcentage des R. de F. : négatives.
Bovidés tuberculeux (¹)...	148	134	14	90,5	9,4
Bovidés sains............	63	56	7	11,1	88,8
Chien tuberculeux........	1	1			
Chiens sains.............	3		3		

En dehors de ces résultats, nos essais nous ont permis de rapporter quelques observations intéressantes que nous transcrivons ici :

1° Il est indiqué d'inactiver les sérums suspects, par chauffage d'une demi-heure, à 60°. On diminue ainsi notablement le pouvoir anticomplémentaire spontané de certains sérums.

2° Les antigènes de Boquet et Nègre et de Besredka ont à peu près la même sensibilité à l'égard des sérums de bovidés tuberculeux. Peut-être celui-ci (Besredka) est-il un peu moins sensible que celui-là (Boquet)?

3° Le vieillissement, de 2 à 21 jours, des sérums à la glacière n'altère pas leur richesse en anticorps spécifiques. Leur pouvoir anticomplémentaire ne semble pas, non plus, augmenté de ce fait.

4° La réaction de fixation négative chez certains bovidés tuberculeux ou réagissants à la tuberculine tient peut-être, comme l'a montré Calmette, à l'absence d'anticorps dans leur sérum.

5° Les sérums des bovidés tuberculeux, non traités par la tuberculine,

(¹) Parmi ces 148 bovidés tuberculeux, 126 furent contrôlés par l'autopsie, les 22 restants par l'inoculation de tuberculine.

sont pauvres en anticorps; le taux oscille entre 10 et 20 unités (mesurées selon la technique de Calmette et Massol).

6° La tuberculine, injectée à des organismes déjà infectés, augmente la richesse de leur sérum en anticorps spécifiques.

7° La tuberculine, injectée aux doses ordinaires à des sujets sains, les laisse totalement indifférents. La réaction de fixation reste négative avant la tuberculination et dans les jours qui suivent.

8° Il ne semble pas y avoir de relation entre la richesse en anticorps des sérums de bovidés tuberculeux et l'intensité de leur réaction tuberculinique.

9° Confirmant les conclusions d'Armand Delille, nous dirons que la réaction de fixation et la réaction à la tuberculine n'ont pas la même signification chez les bovidés tuberculeux.

10° Par contre, un certain parallélisme existerait entre la fréquence des résultats positifs dans la réaction de fixation et l'étendue du processus tuberculeux.

11° La déviation du complément serait parfois en rapport avec la résistance de l'organisme tuberculeux. Ainsi, chez une vache infectée, la réaction devint négative dans les jours qui précédèrent la mort.

12° Les sérums d'animaux atteints d'entérite chronique hypertrophiante dévient le complément en présence de l'antigène de Boquet et Nègre ou de l'antigène de Besredka [1].

13° La réaction de fixation appliquée au diagnostic de la tuberculose des bovidés, est, par conséquent, d'une spécificité relative et limitée.

14° La réaction de fixation est d'autant plus nette qu'il s'agit d'un processus tuberculeux en activité ou de lésions en voie d'évolution.

Il résulterait de ces données que :

a. La méthode peut être appliquée au diagnostic de la tuberculose des vaches laitières;

b. Elle mérite d'être préconisée dans la prophylaxie de la tuberculose par la méthode d'Ostertag. Les individus donnant une réaction de fixation positive forte devront être éliminés.

Nous poursuivons des recherches sur la valeur de la déviation du complément dans le diagnostic de la tuberculose des Carnivores domestiques.

---

[1] L. Panisset et J. Verge, *La réaction de fixation dans l'entérite chronique hypertrophiante des Bovidés, au moyen des antigènes tuberculeux* (*Bulletin de la Société Centrale de Médecine vétérinaire*, 30 juillet 1922).

CHIRURGIE. — *Traitement des luxations congénitales de la hanche.* Note (1) de M. **Denucé**, présentée par M. Bazy.

Depuis le 1er août 1914, j'ai apporté à la méthode de Lorenz dans le traitement des luxations congénitales de la hanche, certaines modifications dont les résultats ont amené, en 1920, le Dr Papin à leur consacrer sa thèse (2) où il rapportait déjà 725 réductions. Ce nombre a augmenté depuis, et dépasse actuellement 1300.

De cette méthode, le point le plus important est la suppression de toute manœuvre de force, pouvant donner lieu à un traumatisme, si léger qu'il puisse être. En l'appliquant, si je ne réussis pas du premier coup, je remets le malade au lit, et lui fais appliquer du côté luxé ou des deux une extension continue avec des poids de 2kg à 8kg pendant une durée de 2 à 4 semaines. J'ai dû dans deux cas, recommencer cette extension, sans avoir en tout dépassé un mois. J'ai alors obtenu le résultat voulu.

C'est par la suppression de toute manœuvre de force que mon procédé diffère de ceux de Lorenz et de Hoffa.

Mon procédé exclut donc toute manœuvre violente. Je ne fais le myorrhexis que s'il est indispensable, et je le limite à un massage toujours parallèle à la direction des fibres musculaires.

Je fais la réduction sous anesthésie générale. La manœuvre que j'exécute peut être résumée par les mouvements suivants : flexion forcée et adduction de la cuisse ; pression sur le genou ; accrochage de la tête fémorale par les doigts qui vont la conduire dans la cavité cotyloïde pendant le mouvement de circumduction que je fais exécuter au fémur qui, à la fin du mouvement, sera étendu.

(Ce temps peut comporter une variante, si l'antéversion fémorale est exagérée.)

Le ressaut et le bruit spécial de la réduction manquent souvent. Mais la palpation de l'aine montre la tête dans le cotyle. Je proscris tout « taraudage », et me borne à la seule réduction. Je place l'appareil plâtré en lui faisant recouvrir les genoux, pour que la croissance des fémurs applique mieux les têtes dans les cotyles. Cet appareil est laissé en place durant tout

(1) Séance du 10 juillet 1922.

(2) E. Papin, *le traitement de la luxation congénitale de la hanche à la clinique de chirurgie infantile et orthopédie de l'Université de Bordeaux* (professeur Denucé) Thèse de Bordeaux, 1919-1920 ; Maloine, éd.

le temps de l'immobilisation, soit 6 mois pour les enfants de moins de 6 ans, 5 mois et moins pour les enfants plus âgés. Pour l'âge maximum des opérations, je dépasse largement les limites de Lorenz (7 ans pour les luxations simples, 5 pour les bilatérales). J'ai opéré jusqu'à 8 ans des cas doubles et jusqu'à 11 ans des cas simples, mais seulement chez des sujets peu développés, peu musclés, et sur la demande expresse des parents. Vu la facilité de la réduction et l'absence de toute complication, les cas doubles sont opérés dans la même séance. Quand le temps de l'immobilisation complète est écoulé, on sectionne l'appareil en haut et en bas, et l'on supprime les capots des genoux, pour faciliter la mobilisation de ceux-ci. On garde la valve postérieure pour aider au transport des enfants et les empêcher de se mettre debout. Le traitement post-opératoire commence alors. Au début, le poids du corps ne doit pas porter sur les hanches. Les parties molles, les muscles sont rétractés : ces derniers ont souvent perdu leurs fonctions. Leur élongation, leur rééducation seront recherchées par des massages, des mouvements, des manœuvres gymnastiques sans violence. Les articulations sont atteintes tantôt de raideur, tantôt de laxité : les premières relèvent du chauffage, les secondes des bains salins forts. Le meilleur mode de chauffage m'a paru être l'enveloppement des articulations dans des sacs de toile remplis de sable chaud. Cette période de demi-immobilisation dure de 1 à 2 et même quelquefois 3 et 4 mois, jusqu'à ce que l'enfant ait repris une bonne part de sa mobilité et de sa calcification, et son intégrité épiphysaire. Alors seulement, je le fais marcher progressivement, en même temps que continue le traitement ci-dessus.

Tels sont les moyens que j'ai mis en œuvre dans les 1303 cas opérés à ce jour. Je n'ai eu ni décès, ni échec opératoire, ni complication immédiate, fractures ou décollements, ni lésions épiphysaires, ni lésions des vaisseaux, des nerfs, des muscles, de la peau. Mes résultats, à la fin du traitement post-opératoire, sont très satisfaisants. La marche est bonne. Dans les 725 cas de la première série, j'ai eu 11 reluxations, dont 9 ont été réduites par le même procédé, et avec succès. Les 578 cas suivants n'ont donné lieu qu'à une seule reluxation, réduite avec succès.

A 15 heures trois quarts, l'Académie se forme en Comité secret.

La séance est levée à 16 heures.

A. Lx.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 24 JUILLET 1922.

PRÉSIDENCE DE M. HALLER.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

CHIMIE. — *La troisième Conférence internationale de la Chimie pure et appliquée.* Note de M. **Charles Moureu.**

L'Union internationale de la Chimie pure et appliquée vient de tenir sa troisième Conférence, à Lyon, du 27 juin au 1er juillet. 24 nations y ont participé, savoir : Argentine, Australie, Belgique, Canada, Danemark, Espagne, États-Unis, France, Grande-Bretagne, Grèce, Italie, Japon, Luxembourg, Monaco, Norvège, Pays-Bas, Pérou, Pologne, Portugal, Roumanie, Suisse, Tchéco-Slovaquie, Uruguay, Yougo-Slavie. Sur les 99 délégués qui avaient été désignés, 86 ont effectivement répondu à notre appel. Les pays les plus lointains, tels que l'Argentine, l'Australie, le Canada, les États-Unis, le Japon, nous ont envoyé des représentants. La délégation française comprenait, entre autres, quatre membres de notre Académie : MM. Béhal, Grignard, Lindet, Moureu (Président de l'*Union*).

I. Les principales questions à l'ordre du jour étaient les suivantes : éléments chimiques, nomenclatures diverses, signes des potentiels des électrodes, abréviations bibliographiques, unification des extraits de chimie, étalons chimiques, étalon thermochimique, tables de constantes, laboratoire international d'analyse des produits alimentaires, conservation des produits alimentaires par les procédés physiques et chimiques, laboratoires nationaux et internationaux pour l'étude des produits céramiques et des combustibles, définition internationale du terme céramique, brevet international, hygiène du travail dans l'industrie chimique.

La Commission des Éléments [1], qui venait d'être si cruellement éprouvée par la mort prématurée de notre éminent et très regretté confrère Ph.-A. Guye, a désigné deux nouveaux membres : MM. Baxter (États-Unis) et Leduc (France). Elle se prépare à publier bientôt des tables d'isotopes, d'éléments radioactifs et de masses atomiques.

Dans le problème si compliqué et si difficile des nomenclatures, plusieurs décisions importantes et efficaces ont été prises, tant au point de vue des réalisations immédiates que des méthodes de travail à suivre dans l'avenir.

L'acide benzoïque a été adopté comme étalon pour la détermination de la capacité thermique des appareils de mesures calorimétriques. On prendra provisoirement, pour la chaleur de combustion d'un gramme d'acide benzoïque (pesé dans l'air), la valeur de 6324^{cal}.

Ces indications ne sont données ici qu'à titre d'exemples. Toutes les Commissions ont travaillé activement. Toutes ont abouti à d'utiles résultats. Un exposé complet en sera publié ultérieurement dans les comptes rendus de la Conférence.

II. Conformément aux statuts, le Conseil de l'*Union internationale de la Chimie* a procédé à l'élection de son bureau pour la période de trois années qui allait s'ouvrir. Les diverses désignations ont eu lieu à l'unanimité et par acclamation. Voici la composition du nouveau bureau :

Président : Sir William Pope, de Cambridge (Grande-Bretagne).

Vice-Présidents : W. D. Bancroft, d'Ithaca; E. Biilmann, de Copenhague; E. Paterno, de Rome; E. Votocek, de Prague.

Secrétaire général : M. Jean Gérard, de Paris.

Il restait à fixer le siège et la date de la prochaine Conférence. Sur l'invitation de la délégation britannique, le Conseil choisit la ville de Cambridge et la période du 17 au 23 juin 1923.

III. La Conférence de Lyon a été pour l'*Union internationale de la Chimie* un nouveau et grand succès. L'*Union* prend désormais son essor. Sans doute sa forte structure est susceptible d'être encore consolidée; mais, tel qu'il se présente déjà, l'organisme est robuste. Il entre dans la phase résolument productive, et l'on peut lui prédire une longue et féconde carrière.

On s'accorde à reconnaître que nous formons une des plus importantes

---

[1] Cette Commission s'est réunie à Paris, par suite de l'arrivée tardive du professeur Th. W. Richards (de l'Université Harvard, Cambridge, États-Unis), le 13 juillet, sous la présidence de notre confrère M. Urbain, qui, antérieurement, avait été choisi comme Président par les suffrages unanimes de ses collègues.

sections du Conseil international de Recherches. A ce titre, c'est à la recherche scientifique, la source toujours jaillissante d'où découlent les progrès de l'Industrie, de l'Agriculture, de la Médecine, de l'Hygiène, que nous songeons avant tout. En fait, tel est bien l'objet de la plupart des Commissions que nous avons nommées; et nous savons que pour le moins l'une d'elles, la Commission des Éléments chimiques, sera bientôt en mesure, si les subventions indispensables lui sont allouées, d'apporter à l'édifice de nouvelles réalités expérimentales, dont l'utilisation pour les échanges commerciaux ne manquerait d'ailleurs pas d'entrer rapidement dans la pratique courante.

Mais il est un autre ordre d'études que l'*Union* a la volonté d'entreprendre. Seconder les efforts des chercheurs et en accroître sans cesse le rendement; à cet effet, créer un mouvement autour des grandes questions en provoquant des discussions sur les découvertes les plus originales et sur les théories générales de la Science, telle sera dorénavant l'une de nos tâches essentielles. Faut-il ajouter que jamais programme de travail ne fut plus attrayant et suggestif? Les connaissances récemment acquises sur la structure intime de la matière et sur les relations de la matière avec l'énergie, sous ses diverses formes, ouvrent à la Chimie, dans le domaine des applications comme dans celui de la pure spéculation, des perspectives infinies. Nous mettrons ces vastes sujets à l'ordre du jour de nos sessions, et il est superflu d'ajouter qu'il nous appartiendra aussi d'envisager tout spécialement maints problèmes de Chimie appliquée.

Pour obtenir des résultats sérieux, nous confierons l'étude des questions aux savants les mieux qualifiés, qui présenteront des rapports. Rapports et discussions seront publiés sous les auspices de l'*Union*.

Que de réflexions hardies verront ainsi le grand jour! Que de suggestions heureuses pour l'avancement de la Science et pour le développement de ses applications à l'amélioration de la condition de tous les hommes. Au premier chef, nous ferons œuvre internationale de recherche scientifique. Grande par son idéal élevé, d'où elle dominera toutes les frontières, cette œuvre sera véritablement humaine, créatrice de vie et de paix sociale.

Une semblable tâche n'est point au-dessus de nos intelligences et de nos cœurs. Nous avons l'ambition de la réaliser dans toute son ampleur et dans toute sa beauté.

ÉLECTRICITÉ INDUSTRIELLE. — *Sur l'électrification des chemins de fer au moyen de courants alternatifs de fréquence élevée.* Note (¹) de M. **Maurice Leblanc.**

Il est difficile d'embarquer, sur un véhicule animé d'une grande vitesse, des courants très intenses au moyen d'un contact glissant. En élevant leur tension, on diminuait leur intensité et cela facilitait leur embarquement, tout en économisant du cuivre. C'est pourquoi on voulait se servir de courants alternatifs, de fréquence usuelle, en les transformant sur la locomotive, avant leur envoi dans les moteurs. Mais on a dû y renoncer, parce qu'ils troublaient les communications télégraphiques et téléphoniques dans le voisinage de leur ligne de transport.

Or, si l'on se servait de courants alternatifs de fréquence élevée, 20000 par exemple, et les faisait circuler dans des conducteurs tendus au-dessus des voies, ils pourraient en *induire* d'autres dans un circuit porté par les voitures d'un train et s'étendant au-dessus d'elles, parallèlement à ces conducteurs. *Il n'y aurait plus de contact glissant.* D'autre part, les courants induits dans les lignes télégraphiques et téléphoniques seraient sans action sur leurs récepteurs, à cause de leur fréquence, et, pour les empêcher de produire des surtensions dans les lignes télégraphiques à simple fil, il suffirait de relier celles-ci à la terre, de distance en distance, par des condensateurs qui laisseraient passer, en ne leur opposant qu'une très faible impédance, les courants de fréquence 20000, mais arrêteraient les courants télégraphiques.

1. *Ligne de transport.* — Pour fixer les idées, supposons cette ligne constituée par deux conducteurs parallèles et horizontaux, distants l'un de l'autre de $1^m,25$, situés à 4^m au-dessus des rails et symétriquement disposés, par rapport à un plan vertical dassant par le milieu de la voie.

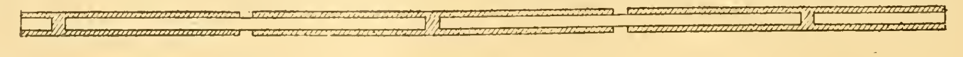


Fig. 1.

Chaque conducteur se compose de deux tubes concentriques de 1^{mm} d'épaisseur. Le diamètre extérieur du tube intérieur est de 20^{mm}, celui du tube extérieur de 26^{mm}.

(¹) Séance du 17 juillet 1922.

Ils sont séparés par un diélectrique épais de 2^{mm}, dont nous supposons le pouvoir inducteur spécifique égal à 2 et la rigidité électrostatique égale à 400000.

Ces tubes sont interrompus de distance en distance (*fig.* 1) et chacun d'eux est divisé en tronçons de même longueur isolés les uns des autres, mais les points d'interruption d'un tube sont à égale distance de ceux de l'autre. La ligne se compose ainsi de condensateurs identiques associés en série.

Son coefficient de self-induction est de $3{,}751.10^{-3}$ henry par kilomètre. La capacité d'un condensateur élémentaire long de 1^{km} serait de $0{,}6094.10^{-6}$ farad. Pour que la ligne résonne, lorsqu'elle est parcourue par des courants de fréquence 20000, chacun des tronçons doit avoir une longueur de $471^{m},3$. Nous y ferons passer 100 ampères, au plus; la tension supportée par le diélectrique sera alors de 5542 volts et il en faudrait 80000 pour le percer. Enfin la capacité en dérivation de la ligne, compte tenu de la présence du sol, est de $0{,}0125.10^{-6}$ farad par kilomètre. Pour compenser ses effets, on branche, tous les kilomètres, entre les deux conducteurs d'aller et de retour, une bobine ayant un coefficient de self-induction de 0,00507 henry.

II. *Alimentation de la ligne de transport.* — Une ligne primaire parcourue par un courant continu à haute tension dessert des postes de transformation (*fig.* 2),

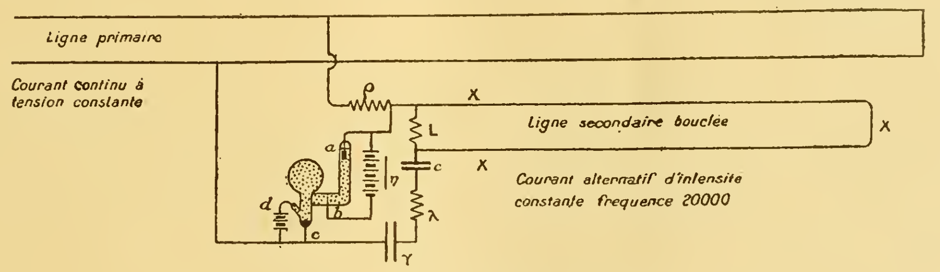


Fig. 2. — Poste de transformation.

semblables à celui décrit dans notre Note du 10 juillet dernier, mais le transformateur desservant le réseau d'alimentation est remplacé par un second résonateur LC accordé pour la fréquence 20000, comme le résonateur $\lambda\gamma$. La ligne secondaire XX, où l'on veut envoyer le courant alternatif, est en forme de boucle et branchée entre les bornes de la bobine L. Alors, comme l'a démontré jadis M. Boucherot, si une différence de potentiel efficace constante est maintenue entre les bornes du résonateur LC, la ligne XX est parcourue par un courant d'intensité efficace constante, *quelle que soit son impédance.* Enfin, si sa self-induction est compensée par des capacités, comme dans le cas actuel, le courant qui traverse le résonateur LC est complètement watté.

III *Circuits induits des voitures.* — Sur les toits des voitures (*fig.* 3 et 4) sont disposés, à $1^{m},25$ l'un de l'autre, deux tubes *m* et *n* de 10^{cm} de diamètre et de 2^{mm} d'épaisseur. Chacun s'étend au-dessous d'un des conducteurs de la ligne de transport; leurs axes sont distants de 40^{cm}.

Ces tubes sont portés par des isolateurs et reliés à ceux des voitures suivantes par des conducteurs souples munis de raccords mâle et femelle. A l'extrémité du train,

les deux brins prolongeant les tubes sont accouplés entre eux et ferment le circuit. En tête du train, il est fermé par les appareils de transformation.

Par mètre de longueur, ce circuit a, avec la ligne, un coefficient d'induction mutuelle de $458,7.10^{-9}$ henry; son coefficient de self-induction est de 2575.10^{-9} henry. En y faisant passer un courant de 1735 ampères, on détermine, dans la ligne, une chute de tension de 100 volts par mètre de longueur, en lui prenant 10 kilowatts.

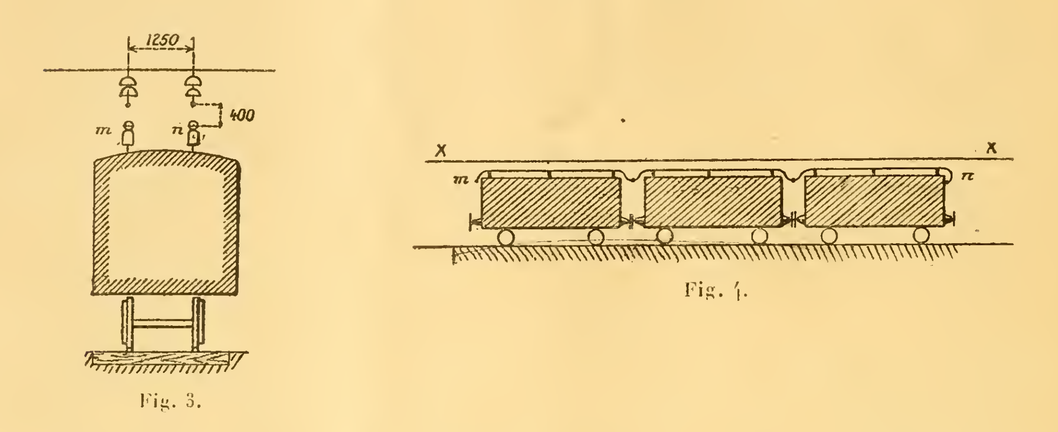


Fig. 3.

Fig. 4.

Mais il faut, pour cela, que le circuit induit résonne. Dans ce but, chaque voiture porte un condensateur intercalé dans ce circuit. Supposons qu'elle ait 13ᵐ de longueur entre tampons, son condensateur doit avoir une capacité de 1,892 microfarad, supporte une tension de 7300 volts efficaces et emmagasine alors 101 joules; la puissance rendue disponible sur la voiture est de 130 kilowatts.

IV. *Maintien de la résonance.* — Pour que le circuit induit résonne, il faut qu'il soit parfaitement accordé et l'accord doit être maintenu automatiquement. Dans ce but, la voiture automotrice est munie d'une self-induction variable D intercalée dans le circuit induit du train et composée de deux bobines l_1 et l_2, la première fixe, la seconde mobile : elle passe d'un minimum à un maximum lorsque la bobine l_2 tourne de 180°. Un moteur G meut celle-ci dans un sens ou dans l'autre, suivant qu'il convient de diminuer ou d'augmenter la self-induction du circuit induit.

Les mouvements du moteur G sont commandés par un appareil comprenant une self-induction variable E composée d'une petite bobine fixe λ_1 et d'une petite bobine λ_2, qu'un moteur H fait constamment osciller autour d'un plan perpendiculaire à la bobine λ_1. Les bobines λ_1 et λ_2 sont montées en série dans le circuit induit, comme les bobines l_1 et l_2 et un galvanomètre F, dont l'aiguille repose à frottement doux sur son axe.

En oscillant, la bobine λ_2 augmente ou diminue d'une petite quantité la self-induction du circuit induit et, par suite, y fait varier l'intensité i du courant, de 1 pour 100 par exemple. L'aiguille du galvanomètre peut se déplacer d'une très petite quantité entre deux pointes μ et ν. Si elle s'appuie sur la pointe μ, elle ferme, par l'intermédiaire d'un relais non représenté sur la figure, le circuit du moteur G. Elle l'ouvre au

contraire, si elle s'appuie sur la pointe ν. Elle s'appuie sur la pointe μ si l'intensité i augmente, et sur la pointe ν, si cette intensité diminue.

Un inverseur monté sur l'axe de la bobine λ_2 envoie dans l'induit du moteur, dont les inducteurs sont toujours excités de la même manière, un courant d'un sens ou de l'autre, suivant que la bobine λ_2 s'est inclinée à gauche ou à droite. Les connexions sont

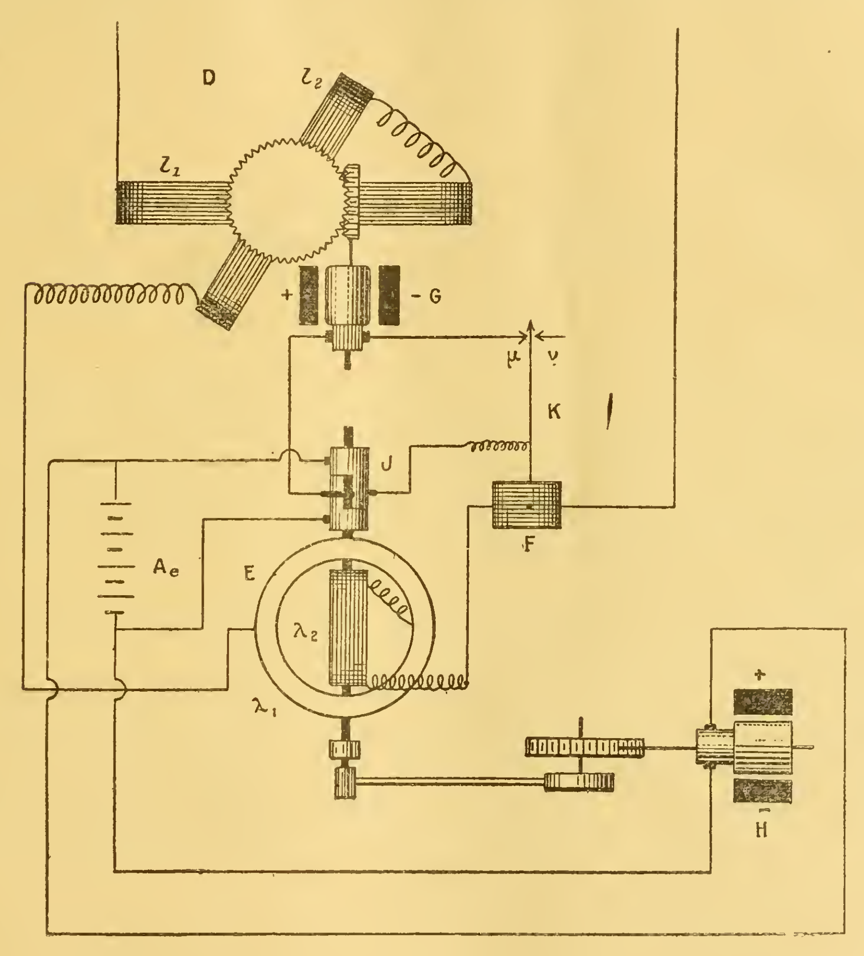


Fig. 5.

établies de manière que le moteur fasse croître la self-induction D si la self-induction E a augmenté et réciproquement, mais il ne se met en marche que si le déplacement de la bobine λ_2 a déterminé un accroissement de l'intensité i et s'arrête dès que celle-ci cesse de croître. Dans ces conditions, la self-induction D varie automatiquement de manière à rendre maxima l'intensité i du courant dans le circuit induit.

V. *Commande des moteurs du train.* — Si le train a Λ mètres de longueur, on dispose, dans la voiture de tête, d'une puissance de 10 Λ kilowatts apportée par des

courants alternatifs de fréquence 20000, fournis sous la tension de 5,76 A volts. Mais on peut modérer à volonté cette puissance en désaccordant le circuit induit des voitures et, par suite, limiter à volonté l'intensité du courant fourni. Il suffit, pour cela, d'ajouter au système une bobine de self-induction que manœuvrera le wattmann.

Ces courants seront transformés, comme nous l'avons dit dans notre Note du 10 juillet dernier, en courants triphasés, d'une fréquence aussi basse que l'on voudra et que l'on fera varier avec la vitesse du train. Cela permettra d'employer des moteurs à cage d'écureuil, les plus simples de tous, qu'il n'y aura aucun inconvénient à répartir sous les voitures, en les rendant toutes automotrices. Ils seront associés en série, la force électromotrice dont on disposera étant proportionnelle au nombre des voitures et, par suite, au leur.

Non seulement ce système dispense de l'emploi de contacts glissants, mais il permet d'envoyer dans la ligne de transport des courants de très haute tension, et de recueillir des courants de tension modérée sur le train, soit de 75 volts environ par voiture. La ligne constitue en effet le circuit primaire d'un transformateur, dont le circuit secondaire est le circuit induit porté par les voitures. Tous les appareils de transformation sont statiques, à l'exception d'un commutateur, qui ne coupe que des micro-ampères, et les appareils de contrôle se réduisent à une bobine de self-induction variable et au très petit rhéostat destiné à régler la vitesse du commutateur. Enfin, il permet de n'employer que des moteurs d'induction à cage d'écureuil.

Ce système paraît donc devoir être beaucoup plus simple et plus économique que les systèmes actuels à tous les points de vue.

On aura, certes, bien des difficultés à surmonter avant de réaliser les ampoules à trois électrodes, de grande puissance nécessaires pour produire ou transformer les courants alternatifs de fréquence élevée. Mais, nous avons cru devoir signaler, dès à présent, cette très importante application pour montrer l'intérêt que présente l'étude de ces ampoules et nous serions heureux si nous pouvions la mettre à l'ordre du jour.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur l'oxyde d'éthyle α-β'-dichloré.* Note de MM. **V. Grignard** et **A. C. Purdy.**

La théorie permet de prévoir quatre oxydes d'éthyle dichlorés sur deux carbones différents. Trois sont déjà connus : α-α', préparé par Lieben (¹)

(¹) *Lieb. Ann.*, t. 106, 1858, p. 336.

en faisant réagir l'acide chlorhydrique sec sur l'éthanal, à froid; α-β obtenu par Lieben ([1]) en chlorant l'oxyde d'éthyle, puis par Natterer ([2]), dans l'action de l'acide chlorhydrique sec sur un mélange froid de monochloraldéhyde et d'alcool.

β-β', enfin, préparé récemment par O. Kamm et Waldo ([3]) en condensant la monochlorhydrine éthylénique par l'acide sulfurique concentré.

Nous nous sommes proposé de réaliser le dérivé α-β', encore inconnu,

$$CH^3 - CHCl - O - CH^2 - CH^2Cl.$$

Nous avons étudié dans ce but la condensation de l'éthanal avec la monochlorhydrine du glycol et l'acide chlorhydrique sec, suivant la méthode connue de préparation des éthers-oxydes α-chlorés.

En raison de la volatibilité de l'éthanal, il est préférable de l'employer sous forme de paraldéhyde.

Dans un mélange de 1^{mol} de monochlorhydrine éthylénique (Eb. 128°-130°), et $\frac{1}{3}$ de molécule de paraldéhyde (1^{mol} éthanal), on fait passer jusqu'à saturation de l'acide chlorhydrique sec, en maintenant la température entre 0° et 10° au moyen d'un mélange réfrigérant. Le liquide se sépare en deux couches; on enlève la couche inférieure, constituée à peu près uniquement par une solution aqueuse d'acide chlorhydrique, puis, sans cesser de refroidir, on ajoute un peu de $CaCl^2$ sec et l'on fait passer un courant de CO^2 pour entraîner l'acide chlorhydrique dissous. Finalement, on neutralise par un peu de CO^3Ca et l'on rectifie sous pression réduite.

On isole d'abord un peu de chlorhydrine et de paraldéhyde, puis l'oxyde dichloré cherché qui passe entre 55°-58° sous 17^{mm} (rendement 93^g, 65 pour 100). On sépare ensuite à 106°-108° sous 17^{mm} une faible quantité (8^g) de l'acétal correspondant et il reste un résidu goudronneux, indistillable, assez important.

Les réactions qui interviennent sont les suivantes :

$$CH^3CHO + CH^2ClCH^2OH = CH^3CH(OH) - O - CH^2CH^2Cl \xrightarrow{+HCl}$$
$$CH^3CHCl - O - CH^2 - CH^2Cl + CH^2ClCH^2OH = CH^3CH(OCH^2CH^2Cl)^2 + H^2O.$$

L'oxyde d'éthyle α-β'-dichloré est un liquide incolore, fumant légèrement à l'air, d'odeur acide pénétrante, se dissolvant rapidement dans l'eau en

([1]) *Lieb. Ann.*, t. 111, p. 121; t. 146, p. 185.
([2]) *Monats. f. Ch.*, t. 5, 1884, p. 496.
([3]) *J. Am. ch. Soc.*, 1921, p. 2223.

régénérant ses constituants. On ne peut le distiller à la pression ordinaire, mais il passe à peu près inaltéré à 55°-57° sous 17^{mm}. Abandonné à lui-même, ce corps noircit, peu à peu, et fixe le brome ; il se fait vraisemblablement un dérivé vinylique.

L'analyse, faite immédiatement après la distillation, manifeste déjà, en effet, une perte d'acide chlorhydrique :

Trouvé........................	C = 34,0	H = 5,6	Cl = 49,0
Calculé pour $C^4H^8OCl^2$........	33,6	5,6	49,6

En outre,

$$d_{19} = 1,1823 ; \quad n^{D}_{16,2} = 1,4497 ;$$

d'où

$$Rm = 32,48 \quad (\text{calculé} = 31,977).$$

L'acétal β'-β''-dichloréthylique signalé plus haut a pu être obtenu, avec un rendement de 36 pour 100 seulement, en faisant réagir, à froid, environ 1^g d'acide chlorhydrique sec sur un mélange de $\frac{1}{2}$ molécule de monochlorhydrine éthylénique et $\frac{1}{4}$ de molécule d'éthanal, suivant la méthode de E. Fischer et Giebe [1].

Après 48 heures de repos, on traite par un égal volume d'eau, on neutralise, on extrait à l'éther, on lave, on sèche et l'on rectifie.

Cet acétal dichloré est un liquide incolore, d'odeur forte, rappelant celle du chloracétal, insoluble dans l'eau. Il distille à la pression ordinaire, à 196°-198°, en se décomposant partiellement; dans le vide il bout à 106°-108° sous 17^{mm}.

Mais il perd encore ainsi de l'acide chlorhydrique, car il fixe un peu le brome ; l'analyse en témoigne également :

Trouvé........................	C = 39,5	H = 6,6	Cl = 36,2
Calculé pour $C^6H^{12}O^2Cl^2$.......	38,5	6,5	37,9

Il a donné en outre :

$$d_{19} = 1,1712 ; \quad n^{D}_{16,2} = 1,4532 ;$$

d'où

$$Rm = 43,17 \quad (\text{calculé } 42,758).$$

Cryoscopie dans le benzène : trouvé, 179; théorie, 187.

Les relations entre les deux corps précédents ont été nettement établies en passant de l'un à l'autre :

---

(1) *Ber.*, 1897, p. 3053.

1° En condensant l'éther oxyde dichloré et la chlorhydrine éthylénique, à la température ambiante, pendant 24 heures, puis chauffant pendant 1 heure au bain-marie, nous avons obtenu l'acétal dichloré avec un rendement de 27 pour 100 seulement, à côté de beaucoup de produits goudronneux. Il eût mieux valu sans doute ne pas chauffer;

2° Inversement l'acétal dichloré traité par le pentachlorure de phosphore, suivant les indications de Geuther et de Bachmann (¹), nous a donné l'éther oxyde dichloré, conformément à la réaction

$$CH^3CH\begin{matrix}\diagup OCH^2CH^2Cl\\ \diagdown OCH^2CH^2Cl\end{matrix} + PCl^5$$
$$= CH^3CHCl - O - CH^2CH^2Cl + ClCH^2CH^2Cl + POCl^3.$$

Il est vraisemblable que l'on pourra obtenir des homologues des deux nouveaux composés que nous venons de décrire, en condensant d'autres aldéhydes avec la monochlorhydrine éthylénique ou avec d'autres α-chlorhydrines.

Il y aura lieu également d'étudier plus complètement la mobilité relative des deux atomes d'halogène et la possibilité de préparer, en partant des éthers oxydes α-β'-dichlorés, des dérivés de la β-furazolidine (tétrahydro-β-furazol ou tétrahydro-oxazol). Nous désirons nous réserver cette étude.

CORRESPONDANCE.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

Louis Roule. *Les poissons migrateurs, leur vie et leur pêche.* (Présenté par M. L. Guignard.)

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur les séries de polynomes à deux variables complexes.* Note (²) de M. **Abramesco**, présentée par M. Appell.

I. Considérons le développement en série de polynomes de la fonction $F(x, y)$.

(¹) *Lieb. Ann.*, t. 218, 1883, p. 39.
(²) Séance du 10 juillet 1922.

1. Faisons dans l'intégrale double

$$(1)\qquad F(x, y) = -\frac{1}{4\pi^2}\int_{(C)}\int_{(\Gamma)} \frac{F(u, v)}{(u-x)(v-y)}\,du\,dv$$

le changement de variables

$$(2)\qquad u = g(U, V), \qquad v = h(U, V) \qquad (u = x_1 + iy_1,\ v = x_2 + iy_2).$$

A l'ensemble des deux courbes (C) et (Γ) de l'espace (u, v) à quatre dimensions, vont correspondre, avec la transformation (2), dans les plans U et V, les courbes (c) et (γ),

$$U = X_1 + iY_1, \qquad V = X_2 + iY_2.$$

Nous prendrons les fonctions g et h, telles que, aux domaines extérieurs aux courbes (C) et (Γ), correspondent les champs intérieurs aux cercles (c) et (γ) de rayons égaux à l'unité, et aux points $u = \infty$, $v = \infty$, les centres des cercles $U = 0$, $V = 0$,

$$u = \frac{P(V)}{U} + f(U, V), \qquad v = \frac{Q(U)}{V} + \varphi(U, V),$$

$$P(V) = \sum \alpha_i V^i, \qquad f(U, V) = \sum\sum a_{m,n} U^m V^n,$$

$$Q(U) = \sum \beta_i U^i, \qquad \varphi(U, V) = \sum\sum b_{m,n} U^m V^n,$$

les fonctions P, f, Q, φ étant régulières dans les cercles (c) et (γ).

La fonction $F(x, y)$ étant régulière dans l'intérieur des courbes (C) et (Γ) et le long de ces courbes, après le changement (2), l'intégrale (1) devient

$$(3)\qquad F(x, y) = -\frac{1}{4\pi^2}\int_{(c)}\int_{(\gamma)} \frac{F(g, h)}{(g-x)(h-y)}\,\frac{D(g, h)}{D(U, V)}\,dU\,dV,$$

et l'on trouve

$$\frac{\dfrac{D(g, h)}{D(U, V)}}{(g-x)(h-y)} = \frac{1}{UV}\left[1 + \sum\sum U^m V^n P_{m,n}(x, y)\right],$$

$P_{m,n}(x, y)$ étant des polynomes de degrés m en $\dfrac{x - a_{0.0}}{\alpha_0}$, n en $\dfrac{y - b_{0.0}}{\beta_0}$. Donc

$$(4)\qquad \begin{cases} F(x, y) = \sum\sum A_{m,n} P_{m,n}(x, y), \\ A_{m,n} = -\dfrac{1}{4\pi^2}\displaystyle\int_{(c)}\int_{(\gamma)} F[g(U, V), h(U, V)]\,U^{m-1}V^{n-1}\,dU\,dV. \end{cases}$$

Nous avons obtenu ainsi le développement de la fonction $F(x, y)$ en série de polynomes de deux variables complexes, valable seulement à l'intérieur des courbes (C) et (Γ), les polynomes dépendant seulement des contours (C) et (Γ) et les coefficients $A_{m,n}$, des contours et de la fonction $F(x, y)$.

Exemples :

1° $u = \frac{r}{U} + x_0, \quad v = \frac{\rho}{V} + y_0; \quad P_{m,n} = \left(\frac{x - x_0}{r}\right)^m \left(\frac{y - y_0}{\rho}\right)^n;$

2° $u = \frac{\alpha}{U} + f(U), \quad v = \frac{\beta}{V} + \varphi(V); \quad P_{m,n} = P_m(x) Q_n(y),$

$P_m(x)$ et $Q_n(y)$ étant les polynomes de M. Faber qui correspondent respectivement aux contours (C) et (Γ), dans les cas d'une seule variable complexe;

3° $$u = \frac{1}{2}\left(2U + \frac{1}{U} - \frac{V^2}{U}\right), \qquad v = \frac{1}{2}\left(2V + \frac{1}{V} - \frac{U^2}{V}\right).$$

Si U et V décrivent les cercles (c_1) et (γ_1) de rayons égaux, $\rho < 1$, avec la correspondance $U = \rho e^{i\omega}$, $V = \rho e^{i\omega}$, on obtient, sur les plans $u = x_1 + iy_1$, $v = x_2 + iy_2$, les courbes associées (C_1) et (Γ_1), qui sont des ellipses égales, homofocales, de foyers -1 et $+1$.

2. On peut, comme pour le cas d'une seule variable complexe [1], trouver les propriétés des polynomes $P_{m,n}(x, y)$.

En faisant la transformation $x = g(X, Y)$, $y = h(X, Y)$, on a :

1° $$P_{m,n}(x, y) = \frac{1}{X^m Y^n} + f_{m,n}(X, Y);$$

2° $$F_1(X, Y) = F[g(X, Y), h(X, Y)] = \sum\sum \frac{A_{m,n}}{X^m Y^n} + \sum\sum A_{m,n} f_{m,n}(X, Y),$$

ce qui montre que le développement de $F(x, y)$ est unique, etc.

II. Le deuxième point de vue de l'étude des séries $\sum\sum a_{m,n} P_{m,n}(x, y)$ est moins simple que le premier.

1. Considérons le cas où les coefficients $a_{m,n}$ sont donnés [2] tels que

$$\sqrt[m+n]{|a_{m,n}| k^n} \to \frac{1}{\lambda(k)}$$

---

(1) Voir Faber, *Ueber polynomische Entwickelungen* (*Math. Annalen*, 1903, p. 389 et 1907, p. 118).

(2) Au sens de MM. Hadamard et Lemaire. Voir Lemaire, *Sur les séries entières à plusieurs variables indépendantes* (*Bulletin des Sciences mathématiques*, 1896, p. 286).

et les polynomes

$$P_{m,n}(x, y) = P_m(x) Q_n(y),$$

les polynomes $P_m(x)$ et $Q_n(y)$ étant liés par les relations de Poincaré (¹),

$$R_p(x) P_{m+p}(x) + \ldots + R_0(x) P_m(x) = 0,$$
$$S_q(y) Q_{n+q}(y) + \ldots + S_0(y) Q_n(y) = 0.$$

Les courbes associées de convergence des séries $\sum\sum a_{m,n} P_m(x) Q_n(y)$ sont données sur les plans x et y par

$$|\alpha(x)| = r, \qquad |\beta(y)| = \rho,$$

(r, ρ) étant un point intérieur à la courbe $r = \lambda\left(\frac{r}{\rho}\right)$ (où se trouve l'origine O des axes Or, $O\rho$), $\alpha(x)$ et $\beta(y)$ étant les racines de plus grand module des équations

$$z^p + A_{p-1} z^{p-1} + \ldots + A_0 = 0, \qquad A_s = \lim \frac{R_s}{R_p},$$
$$z^q + B_{q-1} z^{q-1} + \ldots + B_0 = 0, \qquad B_t = \lim \frac{S_t}{S_q}.$$

Les champs de convergence sont les régions intérieures aux courbes

$$|\alpha(x)| = r, \qquad |\beta(y)| = \rho,$$

(r, ρ) étant un point intérieur à la courbe $r = \lambda\left(\frac{r}{\rho}\right)$.

2. Un autre exemple est le cas où les polynomes $P_{m,n}(x, y)$ sont les coefficients des termes d'une série de Lagrange-Laplace à deux variables complexes (polynomes d'Hermite).

ÉLASTICITÉ. — *Sur la recherche géométrique des efforts intérieurs et des déplacements autour d'un point dans un corps élastique.* Note (²) de M. **Farid Boulad Bey**, présentée par M. M. d'Ocagne.

Nous allons exposer ici trois nouvelles représentations géométriques sphériques applicables à ce problème.

La première permet de trouver très simplement, au moyen d'une sphère

(¹) Poincaré, *Sur les équations linéaires aux différentielles ordinaires et aux différences finies* (*American Journal*, vol. 7).

(²) Séance du 10 juillet 1922.

S_1 déterminée comme on va voir ci-dessous par rapport à trois axes rectangulaires $Oxyz$ et ayant son centre situé dans le plan xOz, les efforts intérieurs obliques R par unité de surface et leurs composantes normales N et tangentielles T qui s'exercent sur les divers éléments passant en un point O d'un corps élastique déformé et en équilibre sous l'action de forces quelconques.

Si l'on considère le plan yOz *comme plan d'un élément quelconque* E *passant en* O, *les trois genres d'efforts ci-dessus* R, N, T *relatifs à cet élément, sont représentés respectivement à la fois, en grandeur et direction relativement à ce plan* yOz, *par le vecteur* OM *d'un point déterminé* M *de cette sphère* S_1 *et les projections de ce vecteur sur l'axe* Ox *et le plan* yOz (1).

Il suffit de connaître deux quelconques des trois angles α, β, γ que la normale ON à un élément E en O fait respectivement avec les trois axes principaux $Oabc$ rectangulaires en ce point, pour avoir immédiatement, au moyen de cette sphère, les trois efforts ci-dessus définis agissant sur cet élément (2).

En particulier, si l'un des trois efforts principaux a, b, c au point O, est nul, ou si deux de ces trois efforts sont égaux et de même signe, on retombe sur la représentation bien connue de M. d'Ocagne au moyen d'un cercle (3).

La deuxième représentation donne, en grandeur et sens, les mêmes efforts obliques R estimés suivant une direction fixe quelconque ON_2, par des vecteurs OV_2 de même origine O et dont les extrémités sont situées sur une sphère S_2 passant par cette origine. Cette représentation est très importante en ce qu'elle permet d'avoir d'une manière simple, en grandeur et direction dans l'espace, l'effort oblique R relatif à un élément quelconque E en un point O, lorsqu'on connaît deux des trois angles que la normale à cet élément fait avec trois axes quelconques $Ox_0y_0z_0$, et les trois efforts obliques R agissant sur les éléments passant en O et perpendiculaires à ces trois axes.

La troisième représentation donne également, de la même façon que celle de la sphère S_2, par les vecteurs d'une autre sphère S_3, les déplacements

(1) Il existe une infinité des sphères S_1 définies ici qui donnent la représentation indiquée ci-dessus.

(2) Voir la représentation plane au moyen de cercles due à Mohr, exposée dans le *Cours de Matériaux de Construction* de M. Mesnager, p. 102.

(3) *Bulletin de la Société mathématique de France*, 1884, p. 27. La construction de M. d'Ocagne est devenue classique par suite de son introduction dans les ouvrages sur la Résistance des Matériaux de Collignon, Maurice Levy, Jean Résal, etc.

élastiques ainsi que les efforts intérieurs de nature quelconque estimés suivant une direction fixe BX et qui se développent autour d'un point B d'un corps élastique assujetti à des liaisons complètes et soumis à l'action d'une force constante AF_1 de direction variable appliquée en un autre point déterminé A de ce corps.

Ces deux dernières représentations se déduisent aisément du principe de réciprocité des effets élastiques.

1° *Si le système des trois axes rectangulaires* $Oxyz$ *occupe au point* O *une position telle que l'axe* Ox *coïncide avec la normale* ON *à un élément* E *en ce point* O *et que les deux autres axes rectangulaires* Oy *et* Oz *soient placés dans le plan de cet élément de manière que le vecteur* OM, *représentant en grandeur et direction l'effort oblique* R *à cet élément, ait pour projection sur l'axe* Oz

$$z = m\frac{2}{\cos\alpha} + n\frac{2}{\cos\gamma} + p,$$

m, n, p étant des paramètres astreints à la seule condition

$$|m| + |n| + |p| \leqq |a|,$$

le lieu géométrique de l'extrémité M *de ce vecteur relativement au système de trois axes* $Oxyz$ *supposé mobile, et, pour chaque système de valeurs m, n, p, est une sphère* S_1 *ayant son centre situé dans le plan* xOz.

Si l'on prend $m = p = o$ et $n = b - c$, on obtient une sphère S_1 particulièrement simple. Elle a pour centre $S\left(y = o,\ x = \frac{a+b}{2},\ z = \frac{a-c}{2}\right)$ et pour rayon $r = \sqrt{\left(\frac{a-b}{2}\right)^2 + \left(\frac{a-c}{2}\right)^2}$.

Quand on connaît les deux angles γ et α, la position du point correspondant M, pour lequel $\left(R = OM,\ N = x,\ T = \sqrt{x^2 + y^2}\right)$, se détermine sur cette sphère par ses deux coordonnées :

$$z = (b-c)\left(\frac{\cos 2\gamma + 1}{2}\right), \qquad x = b + (a-b)\left(\frac{\cos 2\alpha + 1}{2}\right) - z.$$

2° *Si l'on porte, sur la normale* ON_1 *à un élément* E_1, *à partir du point* O, *une longueur* OV_2 *égale à la projection de l'effort intérieur oblique* OR_1 *relatif à cet élément, sur un axe quelconque* ON_2, *le lieu de l'extrémité* V_2, *lorsque cet élément varie d'orientation, est une sphère* S_2 *passant par* O *et ayant comme diamètre l'effort oblique* OR_2 *par unité de surface qui s'exerce sur l'élément* E_2 *perpendiculaire à l'axe* ON_2.

3° *Si* BB' *est un vecteur représentant, en grandeur et direction, le déplace-*

ment élastique ou un effort intérieur de nature quelconque produit au point B, *et si l'on porte, sur la ligne d'action de la force* AF_1, *à partir du point* A, *une longueur* AP_1 *égale à la projection du vecteur* BB′ *sur l'axe* BX, *le lieu de l'extrémité* P_1, *lorsque la force* AF_1 *pivote autour du point* A, *est une sphère* S_3 *passant par ce point* A *et ayant comme diamètre le déplacement élastique ou l'effort intérieur produit en* A *par une force* BF_2 *appliquée en* B *suivant l'axe* BX *et ayant une intensité égale à celle de la force* AF_1 *supposée supprimée.*

PHYSIQUE MATHÉMATIQUE. — *Sur le déplacement des tenseurs.* Note [1] de M. **Paul Dienes**, présentée par M. Jacques Hadamard.

1. Dans une Note récente [2], nous avons montré que la théorie du déplacement des tenseurs rend inévitable l'introduction de la connexion quadratique, généralisation de la connexion affine (= linéaire) de M. Weyl [3]. Nous avons vu de même que le déplacement successif d'un tenseur de p à q et de q à p conduit à un tenseur cinématique nouveau.

Dans la présente Note, nous allons établir la formule générale pour des déplacements successifs quelconques.

Nous définissons le déplacement de $A^k(p)$ de $p(x_i)$ à $q(x_i + \Delta x_i)$ par l'équation

$$(1) \qquad A^k(p \wr q) = A^k(p)\text{-}(q) + D_{k,\alpha}(p)\, A^\alpha(p)\text{-}(q),$$

où

$$(2) \qquad D_{k,\alpha} = C_{k,\alpha,\lambda}(p)\, \Delta x_\lambda + C_{k,\alpha,\lambda,\mu}\, \Delta x_\lambda\, \Delta x_\mu$$

avec les fonctions arbitraires $C_{k,\alpha,\lambda}(\chi_i)$, $C_{k,\alpha,\lambda,\mu}(\chi_i)$, que nous appellerons respectivement « paramètres linéaires » et « paramètres quadratiques » de la connexion. Le symbole $A^k(p)\text{-}(q)$ indique que nous imaginons le tenseur $A^k(p)$ comme attaché à q et le tenseur $A^k(p \wr q)$, attaché également à q, est le tenseur $A^k(p)$ *déplacé* de p à q.

2. Soient donnés les points

$$p(x_i), \quad p_s(x_i + \Delta_1 x_i + \Delta^2 x_i + \ldots + \Delta_s x_i) \qquad (s = 1, 2, \ldots, n),$$

où les $\Delta_s x_i$ seront considérées comme des quantités du premier ordre.

---

(1) Séance du 3 juillet 1922.

(2) Voir *Comptes rendus*, t. 174, 1922, p. 1167.

(3) Weyl, *Raum, Zeit, Materie*, 3e édition, p. 100.

Un calcul simple montre qu'au troisième ordre près, on a

$$(3)\quad A^k(p; p_1, \ldots, p_n) = A^k(p) - (p_n) + A^\alpha(p) - (p_n)$$
$$\times \left\{ \sum_{s=0}^{n-1} D_{k,\alpha}(p_s) + \sum_{s=0}^{n-2} [D_{k,\rho}(p) + D_{k,\rho}(p_1) + \ldots + D_{k,\rho}(p_s)] + D_{\rho,\alpha}(p_{s+1}) \right\}.$$

On le vérifie aisément pour $n = 2$ et on l'établit pour n quelconque par récurrence.

En définissant d'une manière analogue le déplacement d'un tenseur covariant A_i, on obtient une formule semblable avec des indices supérieurs, c'est-à-dire avec des paramètres nouveaux. De cette façon, on étend aisément toute la cinématique tensorielle aux tenseurs d'ordre quelconque. Si l'on ajoute enfin au second membre de (2) des termes de degré supérieur à 2, on obtient la généralisation de la formule (3) pour le cas d'une connexion d'ordre quelconque. Les termes du second degré n'en sont cependant pas altérés.

3. Explicitons la formule (3) pour l'appliquer au problème du contour fermé. En mettant en évidence les coefficients des différentielles, on a

$$A^k(p; p_1, \ldots, p_n) - A^k(p) - (p_n)$$
$$= A^\alpha[p) - (p_n) \left[C_{k,\alpha,\lambda}(p) \sum_{s=1}^{n} \Delta_s x_\lambda + C_{k,\alpha,\lambda,\mu}(p) \sum_{s=1}^{n} \Delta_s x_\lambda \Delta_s x_\mu \right.$$
$$\left. + \left(\frac{\partial C_{k,\alpha,\lambda}(p)}{\partial x_\mu} + C_{k,r,\mu}(p)\, C_{r,\alpha,\lambda}(p) \right) \sum_{s=1}^{n-1} \Delta_1 x_\mu + \Delta_3 x_\mu + \ldots + \Delta_s x_\mu \Delta_{s+1} x_\lambda \right].$$

Si le polygone est fermé, c'est-à-dire si $\sum_{s=1}^{n} \Delta_s x_\lambda = 0$, l'élimination de $\Delta_n x_\lambda$ conduit à *la formule fondamentale* suivante :

$$A^k(p; p_1, \ldots, p_{n-1}, p) - A^k(p)$$
$$= A^\alpha(p) \left[P^k_{\alpha,\lambda,\mu}(p) \sum_{s=1}^{n-1} \Delta_s x_\lambda \Delta_s x_\mu + S^k_{\alpha,\lambda,\mu}(p) \sum_{s=1}^{n=2} (\Delta_1 x_\lambda + \Delta_2 x_\lambda + \ldots + \Delta_s x_\lambda) d_{s+1} x_\mu \right]$$

avec

$$P^k_{\alpha,\lambda,\mu} = 2 C_{k,\alpha,\lambda,\mu} - \frac{\partial C_{k,\alpha,\lambda}}{\partial x_\mu} - C_{k,r,\mu} C_{k,\alpha,\lambda}$$

et

$$S^k_{\alpha,\lambda,\mu} = C_{k,\alpha,\lambda,\mu} + C_{k,\alpha,\mu,\lambda} - \frac{\partial C_{k,\alpha,\mu}}{\partial x_\lambda} - C_{k,r,\lambda} C_{r,\alpha,\mu}.$$

4. L'intérêt principal de la formule (5) est qu'il met en évidence les ten-

seurs-multiplicateurs $P_{\alpha,\lambda,\mu}$ et $S^k_{\alpha,\lambda,\mu}$ par un calcul arithmétique *sans passage à la limite*.

Imaginons maintenant que, *sans augmenter le nombre des points intermédiaires*, nous diminuions les distances entre ces points dans le même rapport. Après avoir divisé par $(\Delta_s)^2$, le passage à la limite ainsi conçu conduira à une formule analogue à (5) où les Δ sont remplacés par d, c'est-à-dire les coordonnées relatives des points successifs par les paramètres angulaires successifs. *La limite dépendra de toute la suite de directions successives, c'est-à-dire de la figure employée.*

Si nous intégrons d'abord le long d'une courbe finie et que nous fassions tendre ensuite la courbe fermée vers le point p, le premier passage à la limite, l'intégration fera disparaître le coefficient de $P^k_{\alpha,\lambda,\mu}$ et conduira à une valeur du coefficient $S^k_{\alpha,\lambda,\mu}$ égale à l'aire enfermé par la projection de la courbe sur le plan (x_λ, x_μ). Et comme

$$S^k_{\alpha,\lambda,\mu} - S^k_{\alpha,\mu,\lambda} = R^k_{\alpha,\lambda,\mu},$$

on retrouvera ainsi la formule qui découle du parallélisme de M. Levi-Cevità (1).

Remarquons enfin que $P^k_{\alpha,\lambda,\mu}$ étant un tenseur, nous pouvons poser

$$P^k_{\alpha,\lambda,\mu} + P^k_{\alpha,\mu,\lambda} = 0,$$

c'est-à-dire, en supposant $C_{k,\alpha,\lambda,\mu}$ symétrique en λ et μ,

$$(4)\qquad 4C_{k,\alpha,\lambda,\mu} = \frac{\partial C_{k,\alpha,\lambda}}{\partial x_\mu} + \frac{\partial C_{k,\alpha,\mu}}{\partial x_\lambda} + C_{k,\beta,\lambda}C_{\beta,\alpha,\mu} + C_{k,\beta,\mu}C_{\beta,\alpha,\lambda},$$

ce qui conduit à

$$S^k_{\alpha,\lambda,\mu} = \frac{1}{2}R^k_{\alpha,\lambda,\mu}.$$

ÉLECTRICITÉ. — *Nouveau procédé pour déceler la présence d'un sous-marin.* Note (2) de MM. **Paul Sacerdote** et **Pierre Lambert** (3).

La plupart des procédés qui ont été proposés pour la recherche des sous-marins sont des *procédés acoustiques* : le *bruit* du sous-marin est perçu à l'aide de microphones convenablement disposés.

(1) Voir Pérès, *Le parallélisme de M. Levi-Civitâ et la courbure riemannienne* (*Atti dei Lincei*, vol. 281, 1919, p. 425).

(2) Séance du 10 juillet 1922.

(3) Résumé d'un pli cacheté déposé dans la séance du 23 avril 1917 et ouvert dans la séance du 26 juin 1922.

Le procédé que nous allons exposer est basé sur un principe tout à fait différent; c'est un *procédé électrique* : le sous-marin révèle sa présence par *la différence de sa conductibilité électrique avec celle de l'eau de mer*. Nous le décrirons pour le cas où il semble être le plus directement applicable, celui où il s'agit de révéler le passage du sous-marin dans une *passe* (entrée de port, détroit, etc.).

Principe. — Deux câbles, conducteurs, *nus* (non recouverts d'un isolant) C et C' (*fig.* 1) sont immergés dans la mer, dans toute la largeur de la passe, à peu près parallèlement et à une distance l'un de l'autre de l'ordre de la longueur moyenne d'un sous-marin. Chaque câble a l'une de ses extrémités libre et l'autre reliée à l'un des pôles d'une génératrice de courant D; le circuit est donc fermé entre C et C' par l'eau de la mer; un galvanomètre G indique l'intensité du courant.

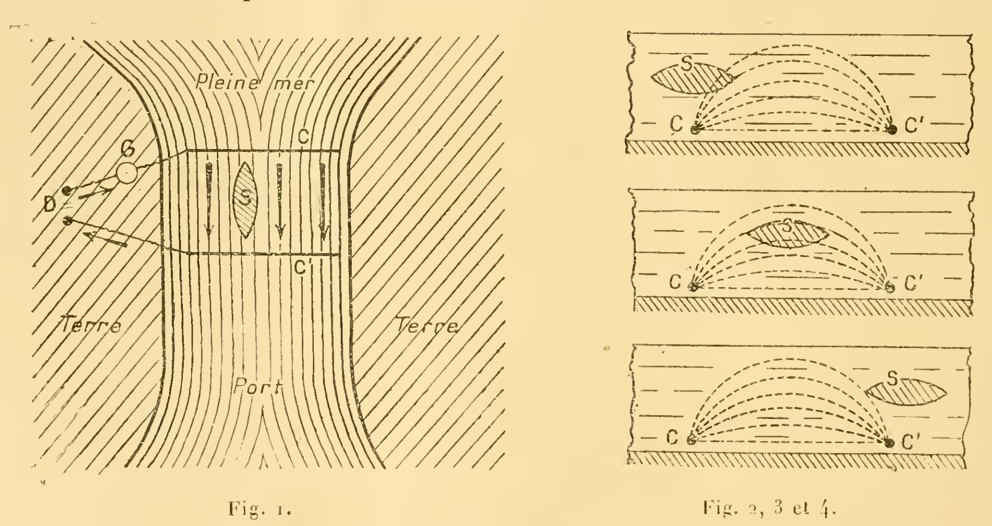


Fig. 1. Fig. 2, 3 et 4.

Si un sous-marin S vient à franchir la passe : quand il se trouve entre C et C' (*fig.* 1 et 3), la résistance de la mer entre les deux câbles est diminuée, l'intensité du courant électrique augmente, la déviation de l'aiguille du galvanomètre croît.

Difficultés. — Plusieurs difficultés sont à surmonter :

1° Il est nécessaire qu'*en l'absence du sous-marin, la déviation de l'aiguille du galvanomètre soit à peu près constante.* Pour cela, il faut s'affranchir des effets de la polarisation : on y arrive aisément en employant comme génératrice *un alternateur* au lieu d'une dynamo à courant continu.

2° L'intensité du courant employé devant être assez considérable, il serait difficile d'avoir *un galvanomètre* G *supportant ce courant et cependant susceptible d'indi-*

quer de faibles variations de son intensité. Pour tourner la difficulté, il suffit de disposer un pont de Wheatstone (*fig.* 5) dont la résistance CC′ forme l'une des branches; les résistances R_1 et R_2 des deux autres branches sont fixes et l'on règle la résistance *r* de la quatrième branche pour équilibrer le pont et ramener au zéro l'aiguille d'un *galvanomètre très sensible* G intercalé sur la diagonale MN. Si un sous-marin S vient à passer entre C et C′, la résistance de la mer entre C et C′ est modifiée, l'équilibre du pont est détruit et l'aiguille du galvanomètre G dévie.

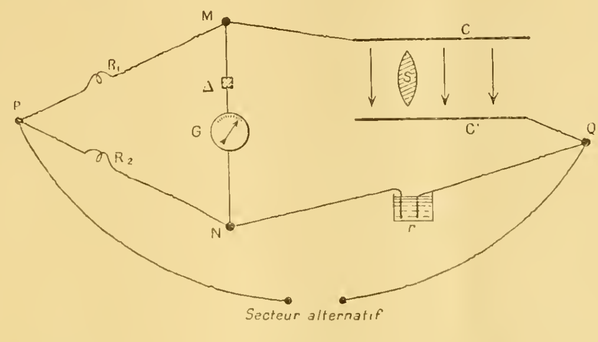


Fig. 5.

3° Il n'existe pas, à notre connaissance, un *galvanomètre usuel, très sensible, pour courants alternatifs.* On y remédie en intercalant dans la diagonale MN du pont *un détecteur* à galène Δ : celui-ci ne laisse passer que les courants d'un seul sens et l'on peut utiliser pour G n'importe quel galvanomètre sensible à courant continu, de période un peu longue.

Expériences. — Les premières expériences ont été faites en utilisant un bassin.

Ce bassin, d'environ 2^m sur 2^m, fut rempli d'eau à la même salure que celle de la mer; deux câbles de cuivre C et C′ (*fig.* 5) furent immergés, parallèlement, à environ 1^m l'un de l'autre; un fil de fer S de 1^{mm} de diamètre environ et de 30^{cm} de longueur, que l'on introduisait dans l'eau au moment voulu, représentait le sous-marin S. Deux autres branches du pont étaient constituées par des résistances fixes R_1 et R_2, la quatrième branche était formée d'un rhéostat à liquide *r*. Les deux extrémités P et Q de l'une des diagonales étaient reliées aux deux pôles du secteur (courant alternatif, 42 périodes); l'intensité du courant dans la branche PMQ était de 4 ampères environ; sur l'autre diagonale MN se trouvait un détecteur à galène Δ et le galvanomètre G qui était un milliampèremètre [1]. En réglant convenablement la résistance *r* on équilibrait le pont et l'on ramenait l'aiguille du milliampèremètre à peu près au zéro; elle y restait à peu près *immobile. Si l'on introduisait alors le fil de fer* S *dans l'eau*

[1] Dans une première série d'expériences où nous avions employé un *téléphone*, au lieu du galvanomètre G, nous avions constaté qu'on arrive très difficilement, avec le courant du secteur, à équilibrer le pont de façon à obtenir le silence absolu au télé-

du bassin, on constatait une déviation brusque et considérable (plus de 50 divisions) *de l'aiguille du galvanomètre.*

Cette déviation était d'autant plus grande que le fil S était introduit plus profondément dans l'eau, c'est-à-dire plus près du niveau CC'. En outre, si après avoir introduit le fil S dans l'eau de façon qu'il fût en partie en dehors de l'intervalle CC' (*fig.* 2), on le déplaçait dans le sens de sa longueur, *la déviation de l'aiguille du galvanomètre, d'abord faible, augmentait, devenait maximum quand le fil était entre* C *et* C' (*fig.* 3), *puis diminuait quand le fil dépassait de l'autre côté* (*fig.* 4).

D'autres expériences ont été faites ensuite dans la mer elle-même, à Toulon, mais ont été interrompues à la fin de la guerre. Elles ont donné des résultats appréciables, tout en faisant apparaître quelques difficultés qui pourraient très probablement être surmontées à l'aide des moyens plus sensibles dont on dispose actuellement pour déceler des courants alternatifs très faibles.

PHYSIQUE. — *Actinomètre à électrodes de mercure halogénées ou sulfurées.* Note [1] de M. G. Athanasiu, transmise par E. Bouty.

On sait depuis E. Becquerel (1839) que la lumière peut produire une différence de potentiel entre deux électrodes immergées dans un même électrolyte. Les recherches de Becquerel se rapportent surtout à des actinomètres, pourvus d'électrodes de chlorure, bromure et iodure d'argent. Le même effet a été reconnu depuis sur divers autres composés métalliques. Les métaux purs donnent toujours des courants extrêmement faibles. Dans presque tous les cas l'électrode éclairée devient positive par rapport à celle qui reste dans l'obscurité.

A la suite d'observations que j'ai faites sur des électrodes de mercure ayant séjourné plusieurs heures dans l'acide chlorhydrique étendu, j'ai été conduit à constater que l'on peut faire des actinomètres avec des électrodes de ce métal, recouvertes de couches très minces des composés tels que Hg^2I^2, Hg^2Br^2, Hg^2Cl^2, Hg^2F^2 et HgS.

---

phone : il reste toujours un bruit faible, mais perceptible. *L'introduction du fil* S *dans l'eau, entre* C *et* C', *est immédiatement indiquée, de la façon la plus nette, par un renforcement considérable de ce bruit.* Mais il serait à craindre que, si le sous-marin arrivait lentement entre C et C', le renforcement se faisant peu à peu, fût beaucoup moins nettement perçu.

[1] Séance du 17 juillet 1922.

On peut préparer des couches sensibles par plusieurs procédés : 1° par attaque directe du mercure par des vapeurs (I, Br, Cl, H^2S, HCl) ou des solutions : les couches les plus sensibles ont été obtenues avec de l'eau de brome et surtout avec une solution alcoolique diluée d'iode.

2° Par des réactions qui mettent en liberté les corps à combiner au mercure : par exemple on peut mettre en liberté l'iode ou le brome dans une solution de KI ou de KBr acidulée par SO^4H^2 et à laquelle on ajoute quelques gouttes d'une solution de $Cr^2O^7K^2$; le mercure est immédiatement attaqué par l'halogène naissant.

3° Par électrolyse. Dans ce dernier cas, on s'arrange pour électrolyser les deux électrodes de la cellule sensible en même temps, dans la même solution et par le même courant. Ainsi on obtient des couches aussi identiques que possible. Les solutions employées sont des solutions $\frac{1}{2}$ ou $\frac{1}{4}$ normales de KBr, KCl, NaF. Les courants varient de 5 à 15 milliampères et les temps de 10 à 60 secondes.

Les vases actinométriques que j'ai employés ont la forme en H des éléments étalons. La surface éclairée est environ 5^{cm^2}. La lumière pénètre verticalement de haut en bas et arrive à l'électrode qu'on veut éclairer après avoir traversé 2^{cm} à 3^{cm} d'électrolyte.

La mesure des forces électromotrices se fait à l'aide d'un galvanomètre à cadre mobile sensible (5.10^{-10} ampère donnaient 1^{mm} de l'échelle à $1^m,50$) shunté par une résistance invariable dans son régime d'amortissement critique. L'actinomètre est en dérivation sur une partie de cette résistance. Dans ces conditions on pouvait apprécier une différence de potentiel de $6,6.10^{-6}$ volt. La variation avec le temps de la force électromotrice produite par l'éclairement, lorsqu'on prolonge celui-ci, ne permettant pas d'évaluer les forces électromotrices, par une méthode de zéro, on les détermine (en microvolts) en remplaçant l'actinomètre par un potentiomètre aux bornes duquel on cherche les forces électromotrices qui donnent les mêmes déviations.

Malgré toutes les précautions prises pour avoir des électrodes identiques la cellule présente toujours et surtout au début une petite force électromotrice initiale; pour la réduire on laisse la cellule quelque temps en court circuit.

On pourrait craindre que les radiations calorifiques de la source lumineuse (lampe à mercure dans le quartz) n'échauffent l'électrode et ne faussent les résultats. On vérifie qu'il n'en est rien en éclairant pendant une durée bien plus longue (1-2 minutes) que celle employée pour les mesures (30 secondes) une cellule ($Hg - NO^3Hg - Hg$) qui n'est pas sensible à la lumière. Dans ces conditions on n'observe aucun déplacement du zéro, tandis qu'une petite différence de température entre les électrodes pro-

duit un déplacement sensible. D'ailleurs dans tous les cas étudiés l'effet dû à la chaleur était de signe contraire à l'effet mesuré.

Durant les mesures il faut évidemment éviter les chocs pour ne pas produire les effets connus dus aux variations de surface du mercure.

Résultats. — Le Tableau suivant montre l'ordre de grandeur des effets observés. Les nombres donnés se rapportent à des couches de faible épaisseur éclairées durant 30 secondes par le rayonnement total d'une lampe à vapeur de mercure fonctionnant sous le régime de 60 watts (20 volts × 3 ampères) et placée à une distance de 40^{cm} de l'électrode.

Électrode de Hg couverte de :	Électrolyte.	Temps depuis la form. de l'élément en heures.	F. é. m. initiale en microvolts.	F. é. m. produite par l'éclairement en microvolts.
Hg^2F^2 (électrolyse sol. conc. NaF).	Sol. conc. NaF	1	178	+ 105
Hg^2Cl^2 (Hg dans HCl)............	HCl 10 °/₀	15	532	+ 33
Hg^2Cl^2 (électrolyse sol. KCl)......	KCl $^1/_2$ norm.	$^1/_2$	112	+ 99
»	»	15	105	+ 105
Hg^2Br^2 (électrolyse sol. KBr).....	KBr $^1/_4$ norm.	$^1/_2$	250	+ 29
Hg^2Br^2 (Hg + SO^4H^2 + KBr + $Cr^2O^7K^2$)..........	SO^4H^2 10 °/₀	1	237	+ 158
»	»	16	99	+ 198
Hg^2Br^2 (Hg dans eau de brome)...	SO^4H^2 10 °/₀	$^1/_2$	132	+ 816
» ...	»	65	59	+ 1557
Hg^2I^2 (Hg + SO^4H^2 + KI + $Cr^2O^7K^2$)...........	SO^4H^2 10 °/₀	$^1/_2$	33	+ 165
Hg^2I^2 (Hg dans sol. alcoolique I)..	SO^4H^2 10 °/₀	24	2070	+ 5520
» ..	»	48	1024	+ 5865
HgS (Hg + NaS + SO^4H^2).......	SO^4H^2 10 °/₀	$^1/_2$	1142	— 198
»	»	2	1440	— 577

Il en résulte que la lumière augmente le potentiel des électrodes de mercure couvertes de Hg^2I^2, Hg^2Br^2, Hg^2Cl^2, Hg^2F^2; elle diminue le potentiel d'une électrode de Hg couverte de HgS. La sensibilité de ces électrodes varie lentement après leur formation et reste ensuite constante, elle ne paraît pas dépendre de la faible force électromotrice initiale des éléments.

L'effet de la lumière est instantané. On peut s'en assurer en employant pour la mesure des forces électromotrices produites sur les électrodes les plus sensibles (Hg^2I^2, Hg^2Br^2) un électromètre capillaire.

Le mercure pur (distillé et lavé avant son emploi à l'acide azotique et à l'eau distillée) dans des solutions de SO^4H^2, NO^3H, NO^3Hg, HCl, KCl, $NaCl$, KI et immédiatement après la formation de ces éléments ne montre aucune sensibilité à la lumière. On observe au contraire presque toujours une faible sensibilité quand le mercure n'est pas pur.

Les effets observés semblent dus, au moins en partie, à des modifications chimiques momentanées et réversibles que subissent les électrodes employées. Les sels de mercure sur lesquels ces expériences ont porté sont connus en effet comme subissant des modifications chimiques sous l'influence de la lumière. On connaît en particulier la modification réversible

$$Hg^2Cl^2 \rightleftharpoons HgCl^2, Hg \quad (^1).$$

SPECTROSCOPIE. — *Sur les variations des spectres d'arc du mercure avec les conditions d'émission.* Note de M. **St. Procopiu**, présentée par M. A. de Gramont.

Les spectres d'arc varient moins que les spectres d'étincelle avec les conditions d'émission. Cependant M. A. de Gramont, puis MM. de Gramont et Hemsalech ([2]) ont attiré l'attention sur les variations qu'éprouvent les spectres d'arc des métaux à point de fusion peu élevé lorsqu'au lieu d'établir l'arc comme d'habitude, entre charbons renfermant des métaux, on l'établit entre les métaux eux-mêmes secs ou mouillés. La différence la plus notable consiste dans l'apparition des raies dites « d'étincelle ».

En étudiant l'arc au mercure dans le vide sous des régimes différents ou dans divers milieux, j'ai trouvé quelques autres différences qui font l'objet de cette Note. Pour l'arc dans le vide, j'ai utilisé une lampe en quartz; pour les autres milieux, l'arc a été établi entre deux tubes concentriques, contenant du mercure et le tube intérieur étant en quartz. Un spectrographe d'Hilger à un prisme Cornu en quartz, m'a permis d'étudier la région 5000-2100 Å.

Résultats. — I. *Arc dans le vide.* — Si l'on allume l'arc avec 14-15 volts sous 1,9 ampères, il s'éteint après 1 minute environ. Il ne peut plus être rallumé dans les mêmes conditions qu'après refroidissement.

([1]) J. Pougnet, *C. R.*, 1re série, 1913, p. 348.

([2]) A. de Gramont, *Comptes rendus*, t. 170, 1920, p. 31. — MM. de Gramont et Hemsalech, *Comptes rendus*, t. 173, 1921, p. 278.

Plusieurs rallumages permettent d'obtenir un spectre (temps de pose total 10 minutes environ). On constate qu'il contient plus de raies vers l'extrémité de l'ultraviolet (jusqu'à 2191) sous ce régime d'amorçage (faible densité de vapeur), que si le spectre est celui d'un arc en régime poussé de 65 volts et 3,5 ampères et après 1 ou 2 heures de fonctionnement (5 secondes pose), lorsqu'on a une grande densité de vapeur.

Sous les deux régimes, le spectre cathodique est plus riche en raies que le spectre anodique. Dans le régime poussé, *les raies à la cathode deviennent diffuses* et parfois elles sont noyées dans un spectre continu, ce qui n'arrive pas pour les mêmes raies à l'anode. Ainsi se comportent surtout les raies suivantes : 2253, 2259, 2315, 2323, 2352, 2399, 2478, 2605, 2705, 2865, 3483, 3504, 3520, 3542, 3597, 3650, 3704, 4313, 4436.

2. Si l'arc jaillit dans l'air, sous l'eau et *surtout dans le gaz d'éclairage*, le spectre éprouve d'autres changements. Les raies qui sont affectées d'une manière caractéristique sont les triplets des deux séries secondaires ([1]).

Les triplets 5460, 4358, 4046 (II série secondaire ou série fine, $m = 1$) 3341, 2893, 2752 (II, $m = 2$) et 3663-3650 (I série secondaire ou série diffuse, $m = 2$) ne sont pas affectés sensiblement.

Les termes d'ordre un peu plus élevé deviennent très élargis et plus faibles, ainsi 3131, 3125, 2967 (I, $m = 2$) 2925, 2576, 2464 (II, $m = 3$); 3027-3021 et 2655-2652 (I, $m = 3$) forment deux bandes faibles. Par exemple les triplets $m = 1, 2, 3$ de la série fine sont élargis dans le rapport 1.1, 1.5 et 2.5 approximativement. En outre, dans un triplet, la raie vers le violet est la plus élargie.

Enfin les derniers termes des séries 2759, 2446, 2345 (II, $m = 4$), 2674, 2379 (II, $m = 5$), 2625, 2340 (II, $m = 6$), 2593 (II, $m = 7$), 2805-2803, 2482, 2378 (I, $m = 4$), 2699, 2399, 2302 (I, $m = 5$), 2352, 2258 (I, $m = 6$), 2323 (I, $m = 7$) disparaissent complètement.

En résumé dans les divers milieux, *les raies des deux séries secondaires éprouvent par rapport aux raies de l'arc dans le vide un affaiblissement et un élargissement qui sont d'autant plus prononcés que le rang de la raie dans la série est plus élevé;* les termes d'ordre 4, 5, 6, 7 disparaissent même complètement.

3. La raie 2537 apparaît fortement renversée dans l'air, l'eau, le gaz et le vide sous le régime poussé. Le renversement est dissymétrique et s'étend

---

([1]) Les séries sont données d'après A. Fowler : *Report on series in Line Spectra* (*The Physical Society of London*). Londres 1922.

loin vers le rouge dans le cas de l'air, plus symétrique dans le cas de l'eau. Dans l'air il y a deux zones, celle de l'arc et celle de son auréole; pour cette dernière l'absorption se prolonge loin vers le rouge.

4. Quelques raies deviennent plus puissantes dans les trois milieux. Parmi elles il y a les suivantes : 3881.1, 3860.4, 3790.9, 3770.7, 3577.4, 3559.4 et surtout les raies très fortes 3984, 2857, 2848 et 2224. Les premières forment trois paires à différences de fréquences 138, 138, 141; les deux dernières raies forment la paire bien connue attribuée au Hg^{+}.

5. L'ensemble des faits signalés me paraît pouvoir être rattaché à la théorie de Bohr et à l'effet Stark. D'après la théorie de Bohr, les raies sériées d'ordre élevé sont produites par de grandes orbites : celles-ci ne pourraient se produire que si l'espace disponible entre molécules est suffisant. Cela pourrait se produire dans l'arc dans le vide au moment de l'amorçage, dans une vapeur peu dense, ce qui expliquerait la richesse du spectre dans ce cas. Cela ne pourrait pas se produire dans l'arc poussé ou dans l'arc jaillissant dans une vapeur étrangère qui gênerait la diffusion. Dans ce dernier cas les termes d'ordre élevé des séries doivent disparaître.

Quant à l'élargissement des raies, il pourrait être expliqué par la présence, admise dans des cas analogues par Stark, d'un champ électrique intermoléculaire (1). Un champ électrique a, en effet, une action d'autant plus grande que le rang de la raie est plus élevé. L'hypothèse du champ intermoléculaire permet d'envisager l'existence d'un voltage suffisant pour la manifestation de l'effet Stark. La même hypothèse peut expliquer l'élargissement des raies à la cathode puisque, en cet endroit, il y a une forte ionisation par choc et, par suite, un fort champ électrique intermoléculaire. Les dissymétries de la raie 2537 peuvent se rattacher à la même hypothèse appliquée à l'absorption.

Une conclusion pratique de ce qui précède est que, pour obtenir les termes qui manquent dans les séries spectrales des métaux, il faut opérer avec l'arc dans le vide et sous le régime le plus faible possible.

---

(1) Dans certains cas, pour le Mg, MM. de Gramont et Hemsalech (*Comptes rendus*, t. 173, 1921, p. 505) constatent une diffusion, d'une des séries de raies, due au champ électrique *direct* de l'arc.

RADIOACTIVITÉ. — *Détermination de la vitesse des rayons α du polonium.* Note (¹) de Mlle **Irène Curie**, présentée par M. G. Urbain.

J'ai déterminé directement la vitesse d'émission des rayons α du polonium, afin de la comparer à celle que l'on déduit d'après le parcours des rayons α, par l'application de la loi de Geiger et par comparaison avec la vitesse d'émission des rayons α du RaC, dont la détermination précise a été faite par M. Rutherford (²). On sait que la loi de Geiger consiste dans la proportionnalité du parcours au cube de la vitesse.

Le polonium utilisé pour ce travail a été d'abord séparé du RaD par électrolyse, ensuite déposé sur une lame d'argent.

La méthode employée pour déterminer la vitesse des rayons α du polonium est celle de la déviation magnétique.

Soient v la vitesse des rayons, R le rayon du cercle qu'ils décrivent dans un champ magnétique uniforme H, normal à la direction de leur vitesse, e et m la charge et la masse d'une particule; on a $\frac{mv}{e} = RH$ ou $v = RH \times \frac{e}{m}$.

Le rapport $\frac{e}{m}$ est égal pour les rayons α à $4,824 \times 10^3$ unités E.M.

L'appareil destiné à mesurer la déviation magnétique est une petite chambre de laiton contenant un système de deux fentes F et F′ et une plaque photographique P; les fentes sont exactement parallèles entre elles et parallèles à la plaque P; le plan passant par les fentes est normal à la plaque. La lamelle qui porte le polonium est fixée en dessous de la fente F, très près de celle-ci. La chambre est fermée par un couvercle rodé et munie d'un robinet permettant d'y faire le vide.

Si l'on désigne par a la demi-distance des fentes, par y la moyenne des distances des fentes à la plaque, par x la distance des impressions produites par les rayons α en absence ou en présence du champ, on a, avec une approximation suffisante,

$$R = \frac{y^2 + x^2 - a^2}{2x}$$

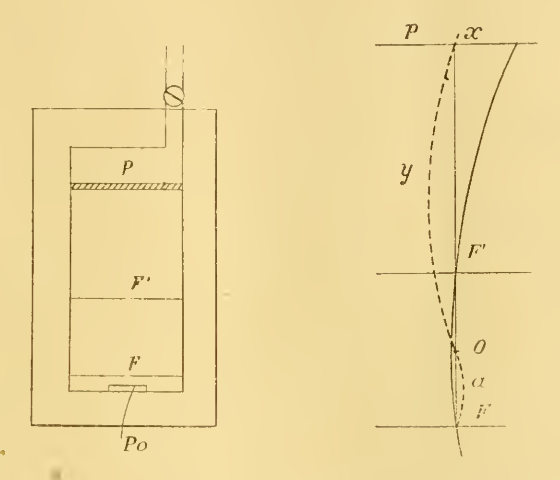
pour le rayon du cercle décrit par les rayons α. Les fentes sont suffisamment fines pour que leur largeur n'intervienne pas dans les calculs.

(¹) Séance du 10 juillet 1922.

(²) Rutherford and Robinson, *Phil. Mag.*, 1914, vol. 2, p. 552 — Geiger, *Zeitschrift für Physik.*, 1922, p. 45.

Les dimensions de l'appareil sont les suivantes : $a = 0^{cm},980$; $y = 3^{cm},987$ ou $y = 4^{cm},892$. Les fentes ont $\frac{5}{100}$ de millimètre de largeur.

La chambre était placée entre les pièces polaires d'un électro-aimant ; celles-ci avaient 10^{cm} de diamètre et étaient distantes de $2^{cm},4$. Dans toute la région occupée par la chambre le champ était uniforme avec une grande précision. On faisait une pose sans champ et deux poses dans le champ, avec retournement de la chambre pour obtenir la déviation magnétique dans les deux sens.



Le champ magnétique était mesuré au moyen d'une balance de Cotton et Sève. Il était voisin de 10000 gauss.

Le polonium employé, déposé sur une lame d'argent, occupait une surface de 3^{mm} sur 10^{mm}. Cette lame placée dans une chambre d'ionisation absorbant tous les rayons α produisait un courant de saturation d'environ 3000 ES. Chaque pose durait une demi-heure ou trois quarts d'heure avec des plaques photographiques très sensibles.

Deux plaques ont été faites, à titre de contrôle, avec la lame de polonium activée préalablement dans l'émanation du radium. On obtenait de cette manière sur la plaque les raies dues aux rayons α du radium C, en plus de celles dues aux rayons α du polonium.

Les images obtenues sur la plaque se présentent sous la forme de raies fines dont la largeur, exactement la même pour les rayons déviés et les rayons non déviés, correspond aux dimensions géométriques de l'appareil. La distance des milieux des images a été mesurée avec précision au moyen d'une machine à mesurer les spectres.

L'incertitude la plus importante se rapporte à la mesure de x et du

champ H. Je pense que la précision obtenue sur la vitesse des rayons α du polonium est de 0,2 pour 100 ou 0,3 pour 100. Elle est un peu inférieure sur la vitesse des rayons α du radium C dont la mesure a été faite à titre de contrôle et trouvée concordante à 0,5 pour 100 près avec la valeur indiquée par M. Rutherford.

Chacun des couples de valeurs, x et y, correspondant à une plaque, voici les nombres obtenus :

H = 10170 gauss	$y = 3{,}907$, $x = 0{,}2308$	R = 32,47		$v = 1{,}593 \times 10^9$
H = 10090 gauss	$y = 3{,}987$, $x = 0{,}2292$	R = 32,70		
	$y = 4{,}892$, $x = 0{,}3525$	R = 32,76		
	$y = 3{,}987$, $x = 0{,}229$	R = 32,73		
	$y = 3{,}987$, $x = 0{,}2292$	R = 32,70		
	$y = 4{,}894$, $x = 0{,}3529$	R = 32,76		
	En moyenne :	R = 32,73 ;		$v = 1{,}593 \times 10^9$.

Nombre adopté pour la valeur du produit $\frac{mv}{e}$:

$$3{,}302 \times 10^5 \text{ EM.}$$

Nombre adopté pour la vitesse d'émission des rayons α du polonium :

$$1{,}593 \times 10^9 \text{ cm : sec.}$$

Le rapport des vitesses d'émission des rayons α du polonium et du radium C est, d'après cela :

$$\frac{1{,}593 \times 10^9}{1{,}922 \times 10^9} = 0{,}829.$$

Les valeurs les plus récentes des parcours des rayons α indiquées par M. Geiger sont à la température de 15° et à la pression normale :

Polonium	$3^{cm},925$
RaC......................	$6^{cm},971$

D'où, pour la racine cubique du rapport de ces nombres : 0,826, valeur qui concorde à la précision de 0,36 pour 100 avec celle du rapport des vitesses.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur les réactions fournies par le sodammonium avec les carbures d'hydrogène.* Note de MM. P. LEBEAU et M. PICON, présentée par M. A. Haller.

Le sodium, réagissant sous la forme de sodammonium sur les composés organiques, peut se substituer à un autre élément et fournir un dérivé sodé, ou bien, par sa transformation en amidure de sodium, conduire à des réactions d'hydrogénation. Les faits que nous avons observés jusqu'ici nous permettent de définir le rôle du sodammonium vis-à-vis des principales séries de carbures d'hydrogène.

Carbures acycliques. — Les carbures saturés et les carbures éthyléniques ne sont pas attaqués par le sodammonium.

Les carbures acétyléniques vrais donnent des dérivés sodés. L'hydrogène libéré par la substitution du sodium se fixe sur une partie du carbure acétylénique mis en expérience. L'allylène fournit ainsi avec un rendement théorique 66 pour 100 d'allylène sodé et 33 pour 100 de propylène.

Carbures benzéniques. — Le sodammonium ne réagit pas sur le benzène et ses homologues : toluène, cymène. Dans le cas des carbures benzéniques à chaîne latérale, lorsque cette dernière possède une liaison éthylénique contiguë au noyau, la liaison se sature d'hydrogène ; le styrolène fournit ainsi l'éthylbenzène.

Les carbures possédant en chaîne latérale une liaison acétylénique réagissent de la même façon que les carbures acycliques ; le phénylacétylène donne un dérivé sodé et de l'éthylbenzène.

Carbures terpéniques. — Le terpinène, le terpinolène, le carvène, la térébène, le pinène α et le menthène sont restés inaltérés en présence du sodammonium.

Carbures polycycliques. — De nombreux carbures sont attaqués dans cette série. Les uns subissent seulement l'hydrogénation de certaines liaisons non saturées ; d'autres donnent en même temps des dérivés sodés de substitution.

1° Le stilbène dont les deux noyaux benzéniques sont réunis par une chaîne latérale avec une liaison éthylénique donne un dihydrure aux dépens de cette liaison, les noyaux benzéniques eux-mêmes restant intacts. On peut rapprocher de cet exemple celui de l'anthracène qui fournit également un dihydrure.

2° Pour les carbures dont les noyaux possèdent deux atomes de carbone

communs, l'hydrogénation se porte sur l'un des noyaux, laissant subsister toujours un noyau benzénique inattaqué. La naphtaline. l'acénaphtène, le phénanthrène donnent les tétrahydrures correspondants.

3° Les carbures dont les noyaux benzéniques sont rattachés directement par deux de leurs atomes de carbone fournissent aussi des tétrahydrures, l'un des noyaux benzéniques restant encore inattaqué. Le diphényle, par exemple, donne un tétrahydrure alors que le diphényléthane symétrique et le dihydrure d'anthracène ne sont pas hydrogénés. Le diméthylfluorène se transforme aussi en tétrahydrure.

4° Certains carbures, grâce à la présence d'un radical CH^2 à caractère acide, donnent des dérivés sodés : par exemple, le fluorène et l'indène. L'hydrogène libéré sature plus ou moins complètement une partie du carbure mis en expérience; le dérivé sodé lui-même restant stable et n'étant pas hydrogéné.

Le mécanisme des hydrogénations fournies par le sodammonium s'explique par la formation d'amidure de sodium. On peut par exemple représenter l'hydrogénation de l'anthracène par l'équation suivante :

$$C^{14}H^{10} + N^2H^6Na^2 = C^{14}H^{12} + 2NH^2Na.$$

En réalité, la réaction est plus complexe. Quand on met en présence du sodammonium la naphtaline, l'anthracène, l'acénaphtène, le phénanthrène, la formation d'amidure, composé blanc dont la présence est facile à constater, n'est pas instantanée; ce n'est que vers $-10°$ qu'elle se produit. Si la température reste au voisinage de $-40°$, on observe que la teinte bleue du sodammonium disparaît et fait place à une magnifique coloration rouge. Celle-ci persiste, même pour un excès notable de sodium, et la naphtaline, peu soluble dans l'ammoniac liquide, se dissout facilement dans cette solution rouge. La même solution rouge dans l'ammoniac liquide est, dans les conditions de l'expérience, miscible à l'éther, alors que le sodammonium y est insoluble et l'ammoniac liquide peu soluble. On peut expliquer ces faits en admettant, comme terme de passage, la formation d'un dérivé sodé ammoniacal se transformant ultérieurement avec production d'amidure de sodium et de carbure hydrogéné. Nous avons mis en évidence l'existence d'un tel dérivé sodé dans le cas de la naphtaline en faisant réagir le bromure d'éthyle sur la solution rouge, ce qui a donné lieu à la formation d'une éthylnaphtaline.

M. Haller (¹) dans la préparation des cétones sodées au moyen de l'ami-

(¹) A. Haller, *Annales de Chimie et de Physique*, 8e série, t. 28, 1913, p. 385.

dure de sodium et de la benzine a noté que le dérivé sodé est assez soluble dans la benzine et que l'ammoniac devant se libérer est partiellement retenu. Schlenk (¹) et ses collaborateurs en 1914 ont isolé des dérivés sodés d'addition de couleur brun violet foncée en traitant des carbures cycliques en solution éthérée par du sodium pulvérisé. Ces faits sont à rapprocher de notre observation.

Schluback (²) en 1915 a proposé de préparer les composés sodés obtenus par Schlenk au moyen d'une solution ammoniacale de sodammonium et d'une solution éthérée du composé organique. Puis il déclare, sans relater aucune expérience nouvelle, qu'il est vraisemblable que dans le cas de l'hydrogénation des carbures tels que la naphtaline par le sodammonium, il se forme d'abord un composé d'addition sodé qui se décompose ensuite par l'humidité et fournit ainsi un carbure hydrogéné. En outre, il mentionne que l'hydrogène libéré par la transformation du sodammonium en amidure peut aussi donner naissance à des composés plus hydrogénés.

Nous ne pouvons admettre avec cet auteur la formation d'hydrures par l'action de l'humidité sur les dérivés sodés. L'humidité ne peut intervenir dans nos expériences faites à l'abri de l'air et dans un milieu où préexistait le sodammonium.

L'hydrogénation des carbures est donc le terme final d'un ensemble de réactions dans lesquelles interviennent tout d'abord la formation de dérivés sodés se transformant déjà vers —10° en amidure de sodium et carbures hydrogénés.

MÉTÉOROLOGIE. — *Sur la chute des poussières dites « pluies de sang »; remarque relative à la neige colorée du 12 mars 1922 en Briançonnais.* Note de M. **Octave Mengel**, présentée par M. Bigourdan.

Les *Comptes rendus* mentionnent une série déjà longue de pluies de poussières et de neiges colorées. La dernière en date est une neige colorée tombée en Briançonnais le 12 mars 1922. L'analyse minéralogique a révélé qu'il s'agissait d'une poudre ocreuse provenant vraisemblablement d'une région du Vaucluse où des terrains ocreux sont exploités industriellement. « Toute

(¹) Schlenk, Appenrodt, *Ber. der deutsch. chem. Gesell.*, t. 47, 1914, p. 473 et 1664.

(²) Schlubach, *Ber. der deutsch. chem. Gesell.*, t. 48, 1915, p. 12.

hypothèse à cet égard, ont la précaution d'ajouter les auteurs de la Note, peut être infirmée ou confirmée par les renseignements météorologiques généraux. »

L'étude que je viens de faire à ce propos de la situation générale de l'atmosphère au début de mars, et sa comparaison avec des situations antérieures correspondant à des chutes de poussières minérales, m'a conduit à faire ressortir le bien-fondé de l'origine saharienne de la poussière ocreuse du Briançonnais envisagée tout d'abord par MM. Pons et Remy.

Les chutes de poussières terrestres qui intéressent l'Europe peuvent se classer en trois catégories : 1° celles qui couvrent le sol de projections ou de cendres volcaniques et qu'on observe en toute saison ; 2° celles qui donnent des débris organiques ou minéraux variés : pollen (1887, 7 mai, Cahors, en provenance des Landes), feuilles, insectes, crapauds, matières charbonneuses, algues rouges (1860, 31 décembre, Sienne; 1852, août, Reims), sable de plage, pierraille (1887, 7 mai, Cahors en provenance de Château-Landon à 150^{km}), etc.; ces chutes se produisent surtout à l'époque des cyclones orageux d'été; 3° les chutes de poussière fine, de couleur brun canelle à rouge brique et à teneur à peu près constante en silice-alumine (0,50 à 0,60), en carbonate de chaux (0,22 à 0,31), en oxyde de fer (0,11 à 0,03); ces chutes, avec ou sans météores aqueux, se produisent *uniquement* aux périodes des équinoxes et plus particulièrement à la période des vents cycloniques du printemps, de janvier à mai, avec maximum en mars.

D'après Ehrenberg, Fournet et Tarry, ces premières proviendraient des déserts africains, de l'Inde, voire même de l'Amérique du Sud (1846, 16 octobre, Drôme, d'après nuages *étiquetés* d'Ehrenberg!). Il me semble plus rationnel de n'attribuer aux poussières minérales qui tombent sur l'Europe que deux provenances : d'une part, les déserts du Sahara et de Lybie pour toutes celles qui affectent les bords du bassin méditerranéen; d'autre part, les steppes du sud de la Russie et de la Turquie d'Asie pour celles qui tombent en Pologne, Allemagne et Norvège. Il est bon de remarquer que le soulèvement du sable ou du lœss ne nécessite pas une forte perturbation atmosphérique. Il n'est souvent dû, en Abyssinie, comme dans les steppes du nord de la mer Noire, qu'à des tourbillons diurnes locaux, qui dépendent généralement de l'approche des dépressions secondaires. Il suffit que ces très fines poussières, une fois en moyenne altitude, entrent dans le champ d'une aire cyclonique principale pour être entraînées par elle sur des régions fort éloignées.

L'étude rétrospective que j'ai faite a porté sur les chutes qui m'ont permis la plus

large documentation. A fin de contrôle, je signalerai les suivantes : 1841, 17 février, pluie de sang en Roussillon. — 1846, 16 mai, Bône à Alger; 17 octobre, Drôme. — 1863, 1er mai, Gênes, Roussillon, Ariège. — 1867, 15 janvier, versant NW des Alpes. — 1870, 14 février, Rome, Gênes. — 1880, 10 avril, Sicile; 15 avril, Autun; 21 au 25 avril, Barcelonnette. — 1889, 7 mars, Alexandrie, Grèce, Adriatique; 13 mai, Calvi, précédée le 12 d'une tempête de sable à Biskra. — 1896, 4 novembre, Bizerte (pluie rouge); 7-8 novembre, Le Croisic (pluie rose).

La situation atmosphérique qui a conduit à ces diverses chutes est caractérisée par l'apparition d'une aire cyclonique sur les Iles Britanniques avec formation d'une dépression secondaire sur la Méditerranée occidentale. Cette dépression satellite, commandant au sud de l'Algérie des vents du SW tournant suivant la loi de Buys-Ballot au S et au SE, des côtes de Tunisie au nord de l'Italie. Dans la plupart des cas, la trajectoire des poussières semble avoir pour projection en plan une S orientée sensiblement nord-sud, et dont la boucle méridionale entoure par l'est la dépression secondaire, tandis que la boucle septentrionale s'infléchit au sud-ouest de l'aire cyclonique principale qui se déplace, elle, de l'ouest à l'est. Il en résulte, suivant les positions respectives des deux dépressions, que dans son trajet le complexe poussiéreux éprouve une inflexion vers le nord-ouest qui explique que la Catalogne, le Languedoc et les Cévennes puissent être touchés par les poussières venant du Sahara, avant la région alpine septentrionale. A noter également, — fait observé dans les Alpes par Saussure dès 1760, et confirmé en particulier par les chutes de 1863 dans les Pyrénées-Orientales, de 1922 dans les Alpes, — que les nuages à poussières ne dépassent guère l'altitude de 2800^{m}, celle des alto-stratus.

Voici, d'après les cartes synoptiques de l'Office national météorologique, complétées par les données des sondages dans le bassin du Rhône, et les renseignements de M. Baldit pour la région lyonnaise, quelle était la situation en mars 1922. Le 7 mars, une dépression apparaît entre l'Islande et l'Irlande. Le 8, elle couvre les Iles Britanniques. Du 8 au 9, elle se déplace rapidement vers la Baltique, créant sur le bord sud de son sillage en éventail une ligne de vents à intensité croissante du sud au nord, suivant l'S dont je viens de parler; la boucle méridionale de cette S amorçant un remous où va, comme d'ordinaire entre les isobares 760 en 765, se creuser, sur les Baléares, une dépression secondaire donnant en Afrique le siroco, sur le golfe du Lion du SE et dans la région lyonnaise des vents pluvieux du SW. Le siroco, qui s'était levé le 9 après une longue période de calme et de sécheresse, prend de la force le 10. D'autre part, dans la vallée du Rhône, au cours de l'après-midi du 10, au régime de vents d'WNW tournant en

altitude au SW succèdent des vents d'entre S à NNE tournant en altitude à des vents du SE. J'ajouterai qu'à Apt, dans la région des ocres, d'après renseignements de M. le directeur de la station météorologique, il plut dans la nuit du 9 au 10 et le vent d'ouest faible qui régnait jusqu'alors passa, du 10 au 11, au sud-est en prenant de la force, pour dégénérer seulement le 13 en tempête.

Ces détails, dont le développement ne peut trouver place ici, suffisent, il me semble, pour infirmer l'hypothèse d'une provenance régionale des poussières ocreuses et confirmer au contraire celle d'un apport saharien à laquelle une analyse chimique plus détaillée aurait, sans aucun doute, conduit MM. Pons et Remy.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *L'utilisation des substances ternaires dans la croissance de l'*Aspergillus niger. Note de MM. **Émile F. Terroine** et **René Wurmser**, présentée par M. Guignard.

Nous avons, dans une Note récente [1], déterminé le rendement énergétique dans la croissance de l'*Aspergillus niger*. Les résultats que nous allons exposer concernent cette fois le rapport d'utilisation matérielle, c'est-à-dire le rapport du poids sec de mycélium formé au poids de substance ternaire qui disparaît au cours de la croissance pour fournir le carbone et l'énergie nécessaire aux synthèses. Le rendement matériel doit être déterminé comme le rendement énergétique en tenant compte des besoins d'entretien de l'organisme. On doit défalquer de la quantité totale de substance ternaire disparue la fraction correspondant à l'entretien du mycélium (vie sans croissance). Cependant si, dans toutes les expériences, les vitesses de développement sont très voisines, on peut admettre que les valeurs de l'énergie d'entretien le sont également, et la simple comparaison des rapports d'utilisation fournit des indications importantes. Cette condition est réalisée dans les recherches suivantes, où nous avons étudié :

1° Si des différences dans la constitution de l'aliment hydrocarboné, dans un milieu identique par ailleurs, entraînent des variations du rapport d'utilisation;

2° Si des différences dans la nature de l'aliment azoté et sa concentra-

---

[1] *Le rendement énergétique dans la croissance de l'*Aspergillus niger (*Comptes rendus*, t. 174, 1922, p. 1435).

tion, toutes autres conditions étant identiques, entraînent des variations de ce rapport.

La technique est la même que celle déjà décrite [1]. Le milieu salin est celui indiqué par Czapek, $P_H = 5$. Le Tableau ci-dessous donne les valeurs moyennes du rapport d'utilisation dans les différents cas étudiés.

Nature de l'aliment hydrocarboné
(source d'azote : sulfate d'ammoniaque 5 pour 1000).

Glucose	0,42
Lévulose	0,46
Saccharose	0,41
Maltose	0,43
Arabinose	0,41
Xylose	0,44

Concentration en aliment azoté $(NH^4)^2SO^4$
(source de carbone : glucose 30 pour 1000).

5 pour 1000	0,42
10 »	0,43
20 »	0,45
40 »	0,41

Nature de l'aliment azoté
(source de carbone : glucose 30 pour 1000).

Sulfate d'ammoniaque	0,42
Urée	0,44
Guanidine	0,39
Nitrate d'ammoniaque	0,42
Nitrate de soude	0,34
Nitrate d'alumine	0,35
Acide nitrique	0,46

1° On voit que l'*Aspergillus niger* manifeste une indifférence complète, quant au rendement matériel de ses processus de croissance, vis-à-vis des différences de composition ou de structure des divers sucres étudiés. Il ne manifeste pas non plus de préférence qualitative; dans tous les cas étudiés, le développement se poursuit sensiblement avec la même vitesse;

2° La concentration de l'aliment azoté, même lorsqu'elle varie dans la proportion de 1 à 8 (5 à 40 pour 1000) n'influe en rien sur la valeur du rapport d'utilisation;

---

[1] *Influence de la température sur l'utilisation du glucose dans le développement de l'*Aspergillus niger (*Comptes rendus*, t. 173, 1921, p. 482).

3° La nature de la source d'azote a une influence très nette. Les aliments azotés se répartissent en deux groupes. Un premier groupe comprend le sulfate d'ammoniaque, la guanidine, l'urée, le nitrate d'ammoniaque, l'acide nitrique. Un second groupe, renfermant les nitrates de soude et d'alumine, est caractérisé par un rapport d'utilisation plus faible. Il est remarquable que l'acide nitrique constitue un excellent aliment azoté : au fur et à mesure que dans un milieu contenant du nitrate de soude, on ajoute de l'acide sulfurique, le rapport d'utilisation s'élève comme le montrent les chiffres suivants :

Acidité du milieu......	$P_H = 7$	6	5	4	3	1,7	1,3
Rapport d'utilisation...	0,33	0,33	0,32	0,35	0,37	0,39	0,43

Comme dans toutes les expériences, la source de carbone est toujours du glucose ou tout au moins un sucre, sa combustion fournit des quantités comparables d'énergie, et l'identité du rapport d'utilisation pour tous les sucres étudiés prouve que l'énergie nécessaire pour l'édification du mycélium, c'est-à-dire l'énergie de synthèse, ne dépend pas de la composition ni de la structure du sucre. L'énergie de synthèse correspondant à la formation du mycélium aux dépens de l'azote des nitrates est plus grande que celle correspondant à sa formation à partir de l'azote ammoniacal, de la guanidine, de l'urée, et de l'acide azotique.

BIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Hérédité des caractères physiologiques chez les hybrides d'Orges (deuxième génération).* Note de M. L. Blaringhem, présentée par M. L. Guignard.

L'étude des hybrides de première génération entre espèces d'Orges différant par la compacité des épis ou par la sexualité des épillets latéraux m'a permis d'affirmer que les caractères physiologiques n'obéissent pas, dans leur transmission, aux règles de Mendel. La deuxième génération, spécialement celle issue de *Hordeum nudum* × *H. trifurcatum*, confirme et précise la réfutation que j'ai donnée aux conceptions théoriques des néo-mendéliens (¹).

Hordeum nudum L. et *H. trifurcatum* Schlecht. sont des espèces bien caractérisées et tout à fait stables; elles présentent les grains nus, les

(¹) *Hérédité des caractères physiologiques chez les hybrides d'orges* (*Comptes rendus*, t. 172, 1921, p. 1396).

chaumes épais, les feuilles larges et une grande précocité, particularités qui les séparent des autres espèces du genre; elles diffèrent : 1° par la forme des barbes, en capuzes sessiles chez *trifurcatum*, longues de 15cm et rugueuses chez *nudum;* 2° par la sexualité des épillets latéraux, fertiles, chez *trifurcatum*, rudimentaires et à organes sexuels avortés chez *nudum;* 3° par la compacité des épis, élevée (40) chez *trifurcatum,* très faible (23) chez *nudum.*

1° *Barbes et capuzes.* — En F_1, les 12 hybrides issus d'un même croisement ont des capuzes, non plus sessiles mais portées sur des barbes de 5mm à 8mm; les épillets latéraux n'ont ni barbe, ni capuze, mais leur glumelle externe s'effile en pointe allongée. Les descendants F_2, au nombre de 172, se répartissent en 123 à capuzes et 49 à barbes (soit 2,85 : 1 différant notablement de la proportion mendélienne 3 : 1). De plus, la longueur de l'appendice qui porte la capuze varie selon les individus; il y en a de 5, de 10, de 15 et même de 25mm; les capuzes sessiles sont observées seulement sur les épis à six rangs, du type *trifurcatum* paternel. A ces détails près, on peut admettre avec Biffen (1907) que la capuze domine la barbe et forme un couple simple avec elle.

2° *Sexualité des épillets latéraux.* — En F_1, les 12 hybrides présentent la *sexualité intermédiaire ;* les épillets latéraux sont partiellement fertiles et leur fertilité est en relation directe avec la vigueur des chaumes et leur position sur l'épi. En F_2, j'observe la même sexualité intermédiaire sur le quart des descendants; en groupant les plantes selon qu'elles portent des capuzes ou des barbes, je note :

F_2. *Disjonction* nudum × trifurcatum.

	Plantes à		
	2 rangs.	intermédiaires.	6 rangs.
Plantes à *capuzes* (123).....	48	36	39
» à *barbes* (49).......	26	6	17

Il apparaît *une liaison entre la sexualité intermédiaire et la présence des capuzes ;* ces deux groupes de caractères ne sont pas indépendants au sens de Mendel.

D'ailleurs, les plantes intermédiaires sont tardives et à tallage élevé; fréquemment (au moins 7 plantes), elles fournissent des *mosaïques des caractères sexuels* des parents avec portions d'épis à deux rangs, portions d'épis à six rangs ; les passages sont accompagnés de déviations dans la structure des rachis et d'avortements localisés comme j'en ai décrit dans les croise-

ments entre *Hordeum tetrastichum* et *H. distichum* ([1]). Alors que les retours complets aux épis à deux rangs ou aux épis à six rangs sont toujours nettement caractérisés, les mosaïques sexuelles ne s'observent que sur les plantes à sexualité intermédiaire du type F_1; une seule plante F_2 m'avait paru douteuse dans un premier classement; elle portait 15 talles et les six premiers donnaient nettement six rangs *trifurcatum;* les derniers étaient plutôt, par leur faciès général, du type sexualité intermédiaire; l'examen au microscope binoculaire des organes sexuels de ces épis me prouve qu'ils étaient bien formés, mais trop peu nourris pour évoluer; les capuzes de ces épillets latéraux, fortement réduites, étaient cependant toujours esquissées par un bourrelet géniculé à la pointe de la glumelle externe.

3° *Compacité des épis et proliférations.* — En F_1, la compacité des épis oscille entre 27 et 31, moyenne entre les compacités des parents 23 et 40; par contre F_2 donne des variations très étendues entre 20 et 45. On constate de suite que la forte compacité est liée à la fertilité totale des épillets latéraux; les mesures précisent la relation :

Compacités........	20	22	24	26	28	30	32	34	36	38	40	42	44	46
F_2 2 rangs.......	2	3	7	14	19	11	5	6	4	3				
» intermédiaires.	2	1	3	6	7	10	4	5	1	2	1			
» 6 rangs.......			1	0	1	8	7	8	15	10	2	3	1	

La condensation de l'épi est une tendance à la fascie; il s'y superpose fréquemment des torsions de rachis et des proliférations d'épillets dont les axes s'épaississent et portent 2, 3, jusqu'à 6 fleurs fertiles. Parfois les glumelles se soudent, portent des barbes ou des capuzes doubles, et même, les fleurs à ovaires multiples, les grains soudés par deux, trois et davantage ne sont pas rares; or, ce sont des anomalies de croissance tout à fait exceptionnelles dans le genre *Hordeum* (signalé par Förster, 1890); je les ai rencontrées à la fois sur les descendants à barbes et sur les descendants à capuzes; elles sont comparables aux fascies, ascidies et pélories des hybrides interspécifiques (*Digitalis*, *Linaria*, etc.).

Il résulte de ces observations que, si les caractères ornementaux et superficiels (barbes) suivent dans leur transmission à peu près les règles mendéliennes, les caractères essentiels de la sexualité des épillets, de leur condensation sont, au contraire, sous la dépendance directe des facteurs de la croissance et, en définitive, de l'agencement cellulaire qui, lui, est une mosaïque. Or *ces caractères physiologiques sont précisément ceux qui déterminent les rendements élevés.* La sélection des variétés à hauts rendements, même à la suite d'hybridations, me paraît, pour cette raison, très différente de la ségrégation des caractères tels que la conçoivent les néomendéliens.

([1]) *Sur l'hérédité en mosaïque* (*Quatrième Conférence internationale de Génétique*, Paris, 1911, p. 101 et suiv.).

BOTANIQUE. — *La théorie du mériphyte devant les phénomènes de l'ontogénie vasculaire.* Note de M. **Paul Becquerel**, présentée par M. L. Mangin.

En 1913, dans mes recherches sur le développement de la plantule du Lupin ([1]), j'ai établi que son système vasculaire suivait la loi des trois phases, alterne intermédiaire superposée, qu'a découverte M. G. Chauveaud. Il en résultait donc, même pour cette plante où l'unité de l'appareil conducteur était constatée, qu'on ne pouvait plus soutenir le passage de la tige à la racine par la rotation des faisceaux ou par un raccord et qu'on devait cesser de confondre entre elles, sous les termes de *protoxylème* et de *métaxylème*, des formations vasculaires qui, malgré leurs caractères histologiques analogues, n'en différaient pas moins d'une façon capitale par leur origine méristématique, par leur âge et par le sens inverse de leur différenciation ([1]).

Aujourd'hui, pour prouver l'excellence d'une théorie générale de la constitution des plantes vasculaires, celle du mériphyte, en ne s'appuyant que sur une seule espèce de plante ([2]), la mercuriale, on vient nier d'abord l'existence de l'évolution vasculaire dont l'exactitude a déjà été vérifiée par de nombreux observateurs sur des milliers d'espèces de plantules, puis, sans tenir compte de mon ancien travail dont les résultats seraient ainsi contestés, on énonce les propositions suivantes :

1° L'étude anatomique et *ontogénique comparée* de la base du faisceau médian dans les cotylédons et l'hypocotyle révèle une organisation libéro-ligneuse identique dans ses traits principaux, à celle du faisceau médian des feuilles végétatives.

2° Les ramifications dichotomes du faisceau médian de certaines feuilles cotylédonaires (Mercuriale, Radis, *Escholtzia*) auxquelles on doit appliquer la loi biogénétique de Serres sont les seules parties de la plantule à nous montrer une disposition ancestrale primitive qui rappelle ici les traces des anciens cauloïdes mériphytaires.

Ainsi que nous allons le démontrer, ces affirmations hasardées contraires aux faits sont encore le résultat de l'application à l'étude de l'ontogénie de la méthode de l'anatomie statique dont nous avons signalé les graves inconvénients ([3]).

([1]) Paul Becquerel, *Comptes rendus*, t. 156, 1913, p. 807.

([2]) Paul Bugnon, *Comptes rendus*, t. 174, 1922, p. 954, 484, 1194.

([3]) Paul Becquerel, *Bulletin de la Société botanique de France*, t. 60, 1913,

En effet, si l'on veut connaître sans faire des hypothèses ni des interprétations arbitraires, la véritable signification de la structure de l'appareil conducteur d'une espèce déterminée il faut changer de méthode de travail.

Ce ne sont pas quelques coupes longitudinales ou transversales exécutées dans un échantillon d'un âge quelconque qu'il faut examiner, comme l'a fait l'auteur des propositions précitées, mais toutes les coupes transversales d'un nombre suffisant de plantules de tous les âges arrêtées systématiquement à tous les stades de leur développement, depuis leur début jusqu'à l'état adulte, de telle manière que l'on puisse observer par comparaison dans l'espace et dans le temps, sans qu'il y ait de lacunes, l'origine et la différenciation des appareils et des organes. Avec cette méthode d'une grande précision, appelée la « méthode d'anatomie dynamique » qui a déjà enrichi l'anatomie végétale d'importantes découvertes, tous les anatomistes constateront les faits suivants :

1° Les phénomènes des trois phases de l'évolution vasculaire se retrouvent intégralement dans l'ontogénie de la plantule du Lupin comme dans celle de la Mercuriale. Ils sont l'expression exacte de la loi de l'évolution vasculaire qui ne comporte aucune part d'hypothèse, ni d'interprétation.

2° Ces phénomènes de différenciation vasculaire *n'ont aucune relation* avec les phénomènes secondaires postérieurs de l'accroissement intercalaire survenant après coup, et que l'on invoque à tort pour supprimer la loi de l'évolution vasculaire. *Il n'y a donc pas lieu de persister à confondre l'accélération basifuge dans la marche de la différenciation vasculaire avec un phénomène mécanique d'élongation de vaisseaux déjà différenciés qui n'a même pas le mérite d'expliquer leur cytolyse.*

3° En comparant les coupes transversales des feuilles végétatives avec celles pratiquées à la base des cotylédons et de l'axe hypocotylé dans les plantules de Mercuriale et du Lupin *aux divers stades de leur développement* on voit que le faisceau ligneux médian de la base du cotylédon qui est continué dans l'axe hypocotylé et même dans la racine avec des vaisseaux *successivement alternes centripètes, intermédiaires, et centrifuges superposés au liber*, n'a pas une organisation identique dans ses traits principaux à celle du faisceau médian d'une feuille végétative quelconque, puisque ce dernier, *à n'importe quel moment de son existence*, ne comprend plus, *au lieu de trois, qu'une seule catégorie de vaisseaux*, des vaisseaux toujours superposés au liber, résultat du fonctionnement d'une assise génératrice.

4° Les coupes pratiquées dans les ramifications dichotomes des nervures des cotylédons (Mercuriale, Radis, Escholtzia) montrent, dès le début de

leur formation et pendant toute leur durée, que leur faisceau ligneux ne contient aussi que des vaisseaux superposés au liber.

En raison de la tachygenèse, parce qu'ils sont produits indirectement après la différenciation préalable d'une formation procambiale secondaire, ces vaisseaux n'appartiennent qu'à la dernière phase de l'évolution vasculaire. Ontogéniquement ces vaisseaux sont donc postérieurs *aux vaisseaux intermédiaires et aux vaisseaux alternes centripètes* des deux premières phases qui proviennent directement de la différenciation d'un méristème primaire.

Dans ces conditions, les nervures dichotomes présentant la structure vasculaire superposée la plus récente, la plus évoluée, se trouvent dans l'impossibilité de nous apporter la disposition ancestrale la plus ancienne. *Pour l'admettre il faudrait faire de l'ontogénie vasculaire à l'envers.*

Ces résultats ne nous surprennent pas, car nous pouvions déjà prévoir, en assistant à la formation progressive des nervures dans les premières phyllorhizes, que les nervures dichotomes ne sont pas les plus primitives.

Lorsqu'on s'adresse à des plantules à embryogénie peu condensée, on constate dans tous les groupes des plantes vasculaires, Fougères, Gymnospermes, Monocotylédones et Dicotylédones, que la première nervure, à son début, est toujours simple.

C'est ce que nous montrent les descriptions précises qu'en donnent, dans leurs Ouvrages, Sir John Lubbock et Gustave Chauveaud [1].

Ainsi s'écroulent, devant une ontogénie vasculaire bien observée, les nouvelles preuves qu'on a cru pouvoir apporter en faveur de cette singulière théorie du mériphyte selon laquelle le corps des plantes vasculaires proviendrait de la transformation en feuilles, en tige, en racines, des rameaux dichotomes (cauloïdes mériphytiques) du thalle d'une prohépatique imaginaire qui se serait vascularisée. Pour expliquer la plante vasculaire, depuis l'admirable découverte de sa constitution phyllorhizaire révélée par l'anatomie dynamique, il n'est plus besoin de faire du roman puisqu'il est facile de suivre, sans inventer aucune hypothèse, à partir du massif initial de l'œuf, la formation complexe de son corps et de son appareil conducteur général, plantule élémentaire par plantule élémentaire de plus en plus évoluée, unissant entre elles leur appareil conducteur particulier [2].

---

(1) Sir John Lubbock, *Knowledge of Seedlings*, London, 1892.

(2) Gustave Chauveaud, *La constitution des plantes vasculaires*, Payot, 1921.

BIOLOGIE GÉNÉRALE. — *Notion de « seuil différentiel » et masculinisation progressive de certaines femelles d'oiseaux* (¹). Note de M. A. **Pézard**, présentée par M. E.-L. Bouvier.

L'apparition du plumage mâle, chez certaines femelles d'oiseaux, a de tout temps frappé les observateurs et la littérature scientifique renferme une foule de monographies relatives à des cas minutieusement décrits. Le plus souvent, les auteurs ont constaté que l'anomalie coïncide avec une atrophie sénile ou avec une destruction pathologique de l'ovaire. Ayant établi expérimentalement que l'ovariectomie fait apparaître, chez les Gallinacés, le plumage du mâle, nous sommes en droit de conclure que la masculinisation du plumage, chez les femelles d'oiseaux, est bien due à la suppression de l'influence hormonique ovarienne.

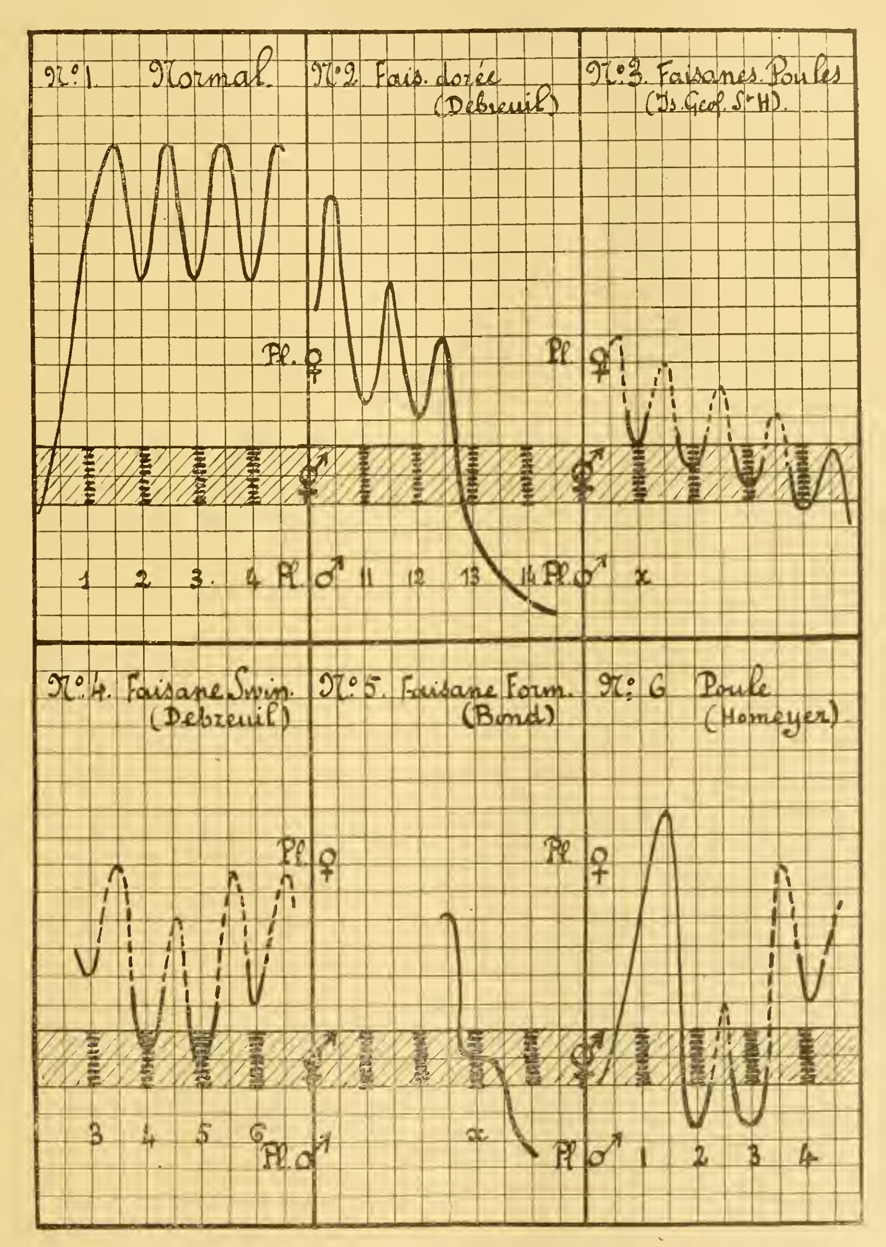
Il reste à expliquer, par le même mécanisme humoral, les faits, plus exceptionnels, de masculinisation progressive, signalés par quelques bons observateurs (Is. Geoffroy Saint-Hilaire, Hamilton, Bond, Homeyer, Debreuil, etc.). La possibilité d'un tel phénomène est en apparence contradictoire avec la loi du « tout ou rien » que nous avons énoncée au sujet des Gallinacés. En réalité, la notion de « seuil différentiel » que nous avons posée récemment, implicitement vérifiée par Knud Sand chez les Mammifères, par Aron chez les tritons, fournit à ce sujet une interprétation claire, applicable même à des modalités inattendues de l'arrhénoïdie partielle.

Principe du seuil différentiel appliqué au plumage des Gallinacés. — L'action empêchante de l'ovaire sur le plumage exige un certain minimum de tissu endocrinien. Si l'ovaire le réalise au moment de la mue, on observe une dissociation du plumage, d'où il résulte que le minimum empêchant n'est pas exactement le même pour toutes les régions cutanées. Celles pour lesquelles le seuil est dépassé, si menue que soit la différence, acquièrent intégralement le plumage femelle; celles pour lesquelles le seuil n'est pas atteint, si proche que l'ovaire en soit, prennent intégralement le plumage mâle.

Application. — Mieux que tout raisonnement, la figure ci-contre précise la situation relative de l'ovaire et des seuils différentiels dans les cas les

(¹) Note de M. A. Pézard, *Comptes rendus*, 12 juin 1922, page 1574, ligne 7, *lire* minimum efficace, *au lieu de* minimum Micau.

plus typiques. Les abscisses représentent les temps (en années), chaque période commençant, non en janvier, mais à la mue qui, dans nos régions, se produit habituellement à la fin de l'été. En ordonnées, nous avons



Graphiques relatifs à divers cas de masculinisation de plumage chez des femelles d'oiseaux
(Pour l'explication, voir le texte.)

figuré : 1° les seuils différentiels relatifs aux différentes régions du plumage (pointillé vertical); 2° la courbe saisonnière de l'ovaire (trait plus ou moins continu).

En ce qui concerne les seuils différentiels, la représentation est schématique, chaque sujet ayant une répartition propre. Nous sommes en mesure d'affirmer, toutefois, que le seuil différentiel du camail est toujours différent de celui des lancettes et des faucilles. D'autre part, nous n'avons pas pour les seuils tracé de lignes continues parce que le plumage est sensible à l'action de l'ovaire au moment de la mue seulement. Enfin, plusieurs faits d'observation nous incitent à admettre la constance des seuils lors des différentes mues, mais nous ne considérons pas cette constance comme générale en sexualité.

1. *Cas normal.* — L'ovaire est toujours éloigné des seuils et au-dessus : plumage femelle.

2. *Faisane dorée observée par Debreuil.* — Masculinisation totale à 13 ans, après une dernière ponte. A l'autopsie, simple trace ovarienne. Ovaire au-dessous des seuils : plumage mâle.

3. *Masculinisation progressive*, signalée par Is. Geoffroy Saint-Hilaire (faisane), Yarrel (poule de combat), Hamilton (poule de bruyère) L'ovaire, lors des mues successives, franchit une série croissante de seuils. La figure est exactement d'accord avec le fait, exprimé par les auteurs, que « *plus grande est la destruction pathologique des organes génitaux et plus le plumage de la femelle peut ressembler à celui du mâle* ».

4 et 6. *Masculinisation suivie de retour au plumage femelle.* — 4. Faisane de Swinhoë décrite par Debreuil : masculinisation partielle à la 4e et à la 5e mue. Retour au plumage femelle à la 6e. — 6. Poule décrite par Homeyer : plumage mâle à la 2e et à la 3e mue; plumage femelle à la 4e. Fléchissement, puis reprise de l'ovaire dans les deux cas.

5. *Gynandromorphisme biparti.* — Faisane de Formose décrite par C.-J. Bond. Côté gauche : plumage mâle; côté droit : plumage femelle. A l'autopsie, Bond constate la présence, à gauche, d'un ovario-testicule assez petit. Rien à droite. Comme dans le cas du pinson de Max Weber, il suffit, pour expliquer l'anomalie, d'admettre que l'ovaire se trouvait au milieu des seuils lors de la mue précédente, et qu'il y avait une légère différence entre les parties gauche et droite.

Conclusion. — Les résultats expérimentaux relatifs à l'action de l'ovaire sur le plumage des oiseaux (1° action empêchante; 2° tout ou rien; 3° seuil différentiel) nous permettent d'expliquer, *par la seule intervention des hormones*, des anomalies assez complexes qui semblaient en désaccord avec les théories récentes de l'endocrinologie.

EMBRYOGÉNIE. — *Le mode d'édification du vomer définitif au cours de la métamorphose chez les Salamandridæ.* Note de M. **Paul Wintrebert**, présentée par M. Henneguy.

Dans l'étude des processus par lesquels se transforme la voûte palatine des Urodèles, les résultats les plus intéressants sont fournis par l'étude du vomer. Cet os superficiel, d'origine dentaire (O. Hertwig, 1874), placé derrière l'arc maxillaire, présente dans son remaniement des étapes faciles à repérer, même sur le vivant, par la simple inspection du palais, grâce au boursouflement de la muqueuse, siège de la prolifération des dents. Les dissections, d'autre part, font connaître le nombre des dents, leur distribution, le degré de leur développement, la position réciproque des plus jeunes et des plus âgées, la manière dont elles se rassemblent pour constituer la plaquette dentée, l'emplacement et la forme de celle-ci. J'ai établi le mode d'édification du vomer définitif chez *Salamandra maculosa* Laur et chez *Amblystoma tigrinum* Green.

Deux processus distincts doivent être considérés : 1° le déplacement du bord denté et de la plaquette d'union des socles dentaires; 2° l'établissement du vomer en tant que pièce osseuse définitive et complète, composée d'une marge ou d'une apophyse dentée et d'une large lame dépourvue de dent, le bouclier vomérien.

Fait important, ces deux processus ne sont pas concomitants; chacun d'eux marque un moment précis de la métamorphose; le premier coïncide avec les changements de rapports qu'affectent entre eux les divers organes de la base du crâne, capsules nasale et otique, globes oculaires, suspenseur, etc.; il se poursuit encore après que l'animal a fini de revêtir sa parure terrestre; l'autre correspond à la période où les remaniements métaboliques des organes sont terminés. La première période est une étape de « préparation »; la seconde une phase d' « achèvement ».

A. *Stade de migration du bord denté.* — La saillie muqueuse vomérienne, située comme un croissant chez la larve entre la choane et le bord latéral du parasphénoïde, recule progressivement en dedans et en arrière et ne présente de dents que du côté où elle s'étend. Chez *Salamandra maculosa*, les deux bourrelets muqueux s'allongent progressivement en arrière et se joignent en avant, au-dessous du parasphénoïde, en prenant l'aspect d'un fer à cheval. Leur dissection montre qu'ils sont constitués de plusieurs

zones; la région postérieure ne présente aucune dent; l'extrémité même n'est qu'un boursouflement superficiel sans participation du chorion muqueux et du tissu sous-jacent; en avant, se trouve un soubassement fibreux situé d'abord seulement dans le territoire de néoformation dentaire et qui, au seuil du deuxième stade, s'étend à la région où se formera le bouclier vomérien. Cette région, non dentée, ne présente aucune tuméfaction visible; c'est dans les deux tiers antérieurs du bourrelet muqueux que naissent et évoluent les dents. Parmi celles-ci, les postérieures, réduites à un petit cône de dentine surmonté d'une pointe d'émail, sont les plus jeunes; les plus complètes, qui sont les plus âgées, sont antérieures; en réunissant leurs socles, elles forment la plaquette vomérienne; dans le territoire intermédiaire on constate, en allant vers l'avant, des dents de plus en plus développées. O. Hertwig (p. 115, *Pl. I, fig.* 3 et 4) n'a vu que le début du processus, mais il a expressément indiqué que la plaquette osseuse croît en dimension du côté postérieur, tandis qu'elle se désagrège en avant par la chute des dents et la résorption plus tardive de la tablette osseuse constituée par leurs socles unis. La migration de la saillie muqueuse et de la lamelle osseuse dentées continue jusqu'à ce que les dents se développent à la place qu'elles occupent chez l'adulte parfait.

La durée des dents est courte; le cycle de leur vie est bref; aussi la lamelle osseuse en déplacement est-elle toujours petite. Elle est particulièrement étroite chez les *Amblystoma tigrinum* dont la métamorphose a été provoquée par le procédé d'assèchement graduel (Maria von Chauvin, 1885) qui astreint les larves à des conditions défavorables pour leur nutrition et facilite la résorption osseuse; dans ce cas, le socle de cément n'est jamais complet; il n'est ossifié qu'à sa base ou même reste entièrement fibreux.

On se rend compte aisément que la « migration du bord denté » n'est qu'une apparence; car la plaquette osseuse est aux divers moments de son déplacement composée de parties nouvelles. C'est sur place que chaque dent évolue et *c'est le processus même du foisonnement dentaire qui s'étend*.

Il s'étend dans un seul sens, strictement déterminé, celui qui par le plus court chemin mène le bord denté à sa place définitive. L'établissement de l'apophyse dentée ne résulte pas de la confluence d'ébauches multiples, primitivement disjointes, nées à l'endroit même où elle persistera chez l'adulte; il s'effectue par l'extension de proche en proche d'un unique foyer de néoformation dentaire, se propageant comme par infection, comme si l'élaboration de dents nouvelles exigeait la présence d'une substance spéciale émanée des territoires en activité.

Le déplacement de ce foyer est aussi très spécial; une ébauche, un bourgeon s'étendent en conservant la base par laquelle ils reçoivent les matériaux nécessaires à leur extension; ici nous observons dans le même territoire d'un côté la vie, l'organisation, un développement cellulaire intense; de l'autre, la régression, la destruction, la dissémination locale des structures organisées, et leur reprise partielle par l'organisme.

La régularité avec laquelle recule le bord denté est mise en valeur par la place qu'on lui voit occuper, à mi-chemin de son parcours normal, chez les « demi-Amblystomes branchiés » ([1]) dont la métamorphose a été expérimentalement arrêtée à la fin des transformations externes.

B. *Stade d'ossification générale définitive.* — La membrane fibreuse épaisse qui s'est développée dans tout le territoire du vomer futur, pendans le premier stade, s'ossifie rapidement en même temps que le bord denté, devenu fixe, se complète et se consolide. Les débris osseux des socles détruits, que l'on trouve dans les régions qui ont été le siège éphémère d'un foisonnement dentaire, sont probablement utilisés pour cette construction, mais à la périphérie, le bouclier vomérien ne dérive aucunement des dents, de sorte que le *vomer définitif provient d'une double origine*, une ossification dentaire et une ossification membraneuse directe, tandis que le vomer larvaire est d'après M. Hertwig seulement édifié par les dents.

De l'examen des processus par lesquels s'édifie le vomer définitif des Salamandridæ, on doit conclure qu'il est entièrement nouveau et qu'aucune partie de l'arc denté voméro-ptérygo-palatin larvaire n'entre dans sa composition.

THÉRAPEUTIQUE. — *Sur un nouvel hypnotique de la série barbiturique : la butyl-éthyl-malonylurée.* Note de MM. **Paul Carnot** et **Marc Tiffeneau**, présentée par M. Roux.

Lorsqu'ils découvrirent le véronal, en 1903, Em. Fischer et von Mering ([2]) firent une étude systématique de toute la série des malonylurées symétriquement dissubstituées dont le véronal est le type.

([1]) Wintrebert, *Comptes rendus de Société Biologie*, t. 65, 1908, p. 415 et 549, et de l'*Association française pour l'Avancement des Sciences : Congrès de Clermont-Ferrand*, 72 pages.

([2]) Em. Fischer et von Mering, *Therapeut. Monatshefte*, t. 44, 1903, p. 97.

Ils observèrent que les propriétés hypnotiques de ces dérivés vont en croissant jusqu'au terme en C^{10}, pour décroître ensuite très rapidement :

Diméthylmalonylurée..............	C^6	inactif
Diéthylmalonylurée (véronal).......	C^8	actif
Dipropylmalonylurée (proponal)....	C^{10}	très actif
Diisobutylmalonylurée.............	C^{12}	actif
Diisoamylmalonylurée..............	C^{14}	faiblement actif

A côté de cette série, dont les termes progressent par deux atomes de carbone à la fois, il y avait lieu d'envisager les séries tout aussi importantes des malonylurées dissymétriquement dissubstituées, dans lesquelles les divers termes progressent par un seul atome de carbone et dont on ne connaissait jusqu'ici que deux représentants.

L'un de nous ([1]) a entrepris l'étude de ces diverses séries en faisant varier successivement chacun des groupes substituants, et l'une de ces séries, celle des éthylalcoylmalonylurées a fait l'objet de recherches approfondies qui ont conduit à de nouveaux dérivés intéressants.

Cette série comprend six termes dont nous relatons ci-dessous les principales constantes physiques ainsi que le pouvoir hypnotique apprécié comparativement après administration par la voie intraveineuse. Nous y avons ajouté le véronal qui nous a servi de terme de comparaison.

Dialcoylmalonylurées dissymétriques.	Nombre d'atomes de carbone.	Points de fusion.	Solubilité dans 100^{cm^3} d'eau à 15°-20°.	Pouvoir hypnotique rapporté à celui du véronal = 10.
		°	cg	
Ethylméthylmalonylurée....	C^7	212	»	5
Ethyléthylmalonylurée......	C^8	191	68	10
Ethylpropylmalonylurée.....	C^9	146	88	20
Ethylbutylmalonylurée......	C^{10}	128	35	30
Ethylisobutylmalonylurée...	C^{10}	174	15,3	30
Ethylisoamylmalonylurée...	C^{11}	154	6,5	30
Ethylheptylmalonylurée ([2])..	C^{13}	119	0,3	25

Parmi ces dérivés, les termes en C^{10} et C^{11} sont de beaucoup les plus actifs; l'un d'entre eux, la butyléthylmalonylurée, nous a paru particulièrement indiqué pour l'emploi thérapeutique, à cause de sa plus grande

---

([1]) Tiffeneau, *Journal de Pharmacie et de Chimie*, t. 25, 1922, p. 153.

([2]) Ce dérivé a été préparé et étudié par notre élève, M. Sommaire.

solubilité dans l'eau qui le rend plus rapidement actif et qui facilite son élimination.

Nous en avons fait l'étude pharmacodynamique et clinique.

1° *Étude pharmacodynamique.* — Chez le chien, la butyléthylmalonylurée provoque un sommeil profond et durable, aux doses suivantes : $3^{cg},5$ par kilogramme d'animal par la voie intraveineuse, 5^{cg} par kilogramme d'animal par la voie buccale; dans le premier cas le sommeil survient en quelques minutes, dans l'autre en 20 à 30 minutes ([1]).

Pour le véronal, ces doses sont respectivement de 11^{cg} par la première voie et de 15^{cg} par l'autre; de plus, le sommeil survient plus tardivement.

La butyléthylmalonylurée est donc trois fois plus active que le véronal et ses effets se manifestent plus rapidement.

La dose mortelle pour la souris est d'environ 18^{cg} par kilogramme d'animal, alors que la dose mortelle du véronal est de 54^{cg}; il en résulte que, pour ces deux substances, la toxicité est proportionnelle à l'activité hypnotique.

2° *Étude clinique.* — Chez l'homme, la butyléthylmalonylurée a été trouvée efficace soit comme hypnotique, soit comme sédatif du système nerveux. Dans les deux cas, les doses usuelles sont de 10^{cg} à 20^{cg} par la voie gastrique et de 5^{cg} à 10^{cg} par la voie sous-cutanée.

Effets hypnotiques. — L'activité de la butyléthylmalonylurée est environ trois fois plus grande que celle de la diéthylmalonylurée (véronal).

Dans les *insomnies légères*, les doses de 5^{cg} à 10^{cg} par la voie buccale sont suffisantes; mais dans les *insomnies douloureuses* (sciatiques, névralgies faciales ou intercostales, coliques hépatiques, etc.), il faut recourir aux doses fortes : 15^{cg} à 20^{cg} en ingestion et 10^{cg} en injection sous-cutanée.

Le sommeil survient généralement en 30 à 40 minutes et sa durée varie de 6 à 10 heures, suivant la dose. Le réveil est normal, sans lassitude ni céphalée.

Dans les *insomnies fébriles* (pneumonie notamment), ainsi que dans les *insomnies des délirants* (manie, delirium tremens, etc.), l'injection sous-cutanée de 15^{cg} à 20^{cg}, en une ou deux fois, a suffi le plus souvent à produire un calme durable.

Ces cas très divers peuvent servir de critérium pour établir la valeur hypnotique remarquable de la butyléthylmalonylurée.

Effets sédatifs. — Comme sédatif, c'est surtout dans les *délires infectieux ou toxiques*, ainsi que dans l'*épilepsie*, que nous avons obtenu les meilleurs résultats.

L'administration quotidienne de 10^{cg} suffit le plus souvent à rétablir le calme et à supprimer ou à espacer notablement les crises convulsives.

Conclusions. — Les résultats cliniques que nous venons d'exposer confirment et élargissent même les données fournies par l'expérimentation sur l'animal.

([1]) En injections sous-cutanées, l'action est, comme pour le véronal, beaucoup plus tardive, même avec des doses doubles.

Les uns et les autres montrent l'importance de l'introduction du radical butyle dans la série des malonylurées, sinon par les propriétés spécifiques [1] de ce radical, du moins par la grandeur de son poids moléculaire qui intervient pour modifier favorablement les caractères physico-chimiques dont dépend en grande partie le pouvoir hypnotique des malonylurées.

La séance est levée à 16 heures.

A. Lx.

---

[1] Les radicaux isobutyle et isoamyle sont susceptibles de jouer le même rôle que le radical butyle. Ce rôle n'est nullement spécifique; l'un de nous a constaté en effet que, dans les composés où il existe deux substitutions butyles ou amyles, le pouvoir hypnotique non seulement n'est jamais augmenté, mais est parfois diminué.

ERRATA.

—

(Séance du 3 juillet 1922.)

Note de M. *Armand Cahen*, Sur les solutions singulières des équations différentielles du premier ordre :

Page 16, ligne 19, *ajouter* « intégrales linéaires de l'équation donnée », *après* « Ces droites $\varphi(y - a_i x, a_i) = 0$ ».

Page 18, ligne 10, *ajouter* « obtenue en éliminant p entre les équations (6) », *après* « forme connue de l'intégrale générale ».

Note de M. *Pierre Lesage*, Expériences pour servir à l'étude du mouvement des liquides dans les massifs cellulaires :

Page 48, ligne 16, *au lieu de* (pouvoir osmotique, pression de turgescence), *lire* (pouvoir osmotique — pression de turgescence).

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 31 JUILLET 1922.

PRÉSIDENCE DE M. GUIGNARD.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

Après le dépouillement de la Correspondance, M. le **Président** s'exprime en ces termes :

J'ai la douleur de vous annoncer la mort de notre confrère M. **Louis Favé**, enlevé cette nuit après une maladie de quelques semaines. M. Favé a consacré une grande partie des quarante années de sa carrière administrative à des études sur la mer et ses mouvements, sur le relevé des côtes et le relief du fond des Océans.

C'est surtout dans la construction d'instruments scientifiques nouveaux et dans le perfectionnement des méthodes d'observation que M. Favé a fait preuve d'une véritable maîtrise. On lui doit en particulier un très efficace amortisseur des petits mouvements périodiques, qui a été appliqué à des boussoles topographiques et à des compas de marine, ainsi qu'à divers instruments qu'il a imaginés pour faire le point en ballon.

L'appareil de beaucoup le plus ingénieux et le plus utile qu'ait imaginé M. Favé, est son marégraphe plongeur, qui est pratiquement le seul instrument permettant d'enregistrer les mouvements de la marée loin des côtes. Déposé sur le fond, cet appareil enregistre des variations de pression, d'où l'on déduit les changement de niveau de la mer. On a fait diverses applications du marégraphe plongeur de M. Favé; il a été ainsi reconnu, comme il résultait de la construction de certaines courbes des marées, qu'il y a dans la mer du Nord, à distances à peu près égales des côtes d'Angleterre et de Hollande, un point où le mouvement vertical de l'eau est nul.

Ce remarquable ensemble de travaux avait placé très haut M. Favé dans l'estime des savants qui s'intéressent aux études hydrographiques. Tous

ceux qui ont approché notre confrère se rappellent sa rare modestie, et il fallut presque lui faire violence pour l'amener à poser ici sa candidature.

L'Académie conservera pieusement son souvenir.

Je lève la séance en signe de deuil.

HISTOIRE DES SCIENCES. — *Sur la session du Conseil international de Recherches tenue à Bruxelles en juillet* 1922, par M. **Émile Picard.**

Le Conseil international de Recherches vient de se réunir à Bruxelles du 25 au 29 juillet, dans le beau Palais des Académies où l'Académie royale de Belgique lui a offert une gracieuse hospitalité. Je me permets de reproduire ici l'allocution que j'ai prononcée en ouvrant la session; elle rappellera sommairement l'histoire de l'institution, autour de laquelle sont groupées diverses Unions internationales.

« L'Assemblée du Conseil international de Recherches se réunit pour la seconde fois. Beaucoup d'entre vous se rappellent sans doute dans quelles conditions fut fondé l'ensemble des organisations scientifiques rassemblées autour de ce Conseil. Dans des conférences tenues à Londres et à Paris, en 1918, des représentants des pays alliés et associés dans la lutte mondiale qui allait prendre fin, avaient proposé la création d'un organisme central, autour duquel se grouperaient des Unions internationales correspondant aux divers ordres de sciences. Les Unions conserveraient une grande liberté d'action, obéissant seulement à certaines directions générales données par le Conseil international, et lui soumettraient leurs statuts. Il avait paru que ces Unions devaient être assez peu nombreuses, contrairement à des tendances qui avaient régné antérieurement et qui avaient conduit à trop multiplier les groupements internationaux; cela est bien en accord avec la dépendance chaque jour accrue entre les diverses disciplines scientifiques et avec l'unité que la science se propose comme un but idéal. Aux heures graves où ces idées étaient émises, on se rappelait d'ailleurs que, suivant un mot classique, science sans conscience est erreur de l'âme, et nous ne pouvons pas relire sans émotion la déclaration votée unanimement par la conférence de Londres en 1918 pour servir de préface à ses résolutions, déclaration, semble-t-il, que le moment n'est pas encore venu d'oublier.

» Les projets formés l'année précédente ont pris définitivement corps en 1919, et la première session du Conseil international de Recherches eut

lieu, ici même, il y a trois ans. Les statuts furent définitivement établis, et il a été décidé que le siège légal du Conseil serait fixé à Bruxelles, où se tiendraient, tous les trois ans, les Assemblées générales ([1]). Les nations représentées rendaient ainsi hommage à l'héroïque pays, dont le nom est synonyme d'honneur et de devoir, qui nous donne en ce moment l'hospitalité. Quant aux diverses Unions, il leur appartient de fixer elles-mêmes les lieux et les dates de leurs réunions. On peut regarder que cinq Unions internationales sont actuellement créées; ce sont : celles d'astronomie, de géodésie et géophysique, de chimie pure et appliquée, de mathématiques, de radiotélégraphie scientifique. Les plans généraux d'autres Unions furent tracés dans leur grande ligne en 1919, et ce sera un des objets de vos travaux de les constituer définitivement.

» Une des préoccupations du Conseil dans sa session de 1919 avait été de chercher à élargir les relations intellectuelles établies l'année précédente, en invitant les nations qui n'avaient pas pris part à la guerre à participer aux travaux des nouvelles organisations. Les espérances, alors conçues, n'ont pas été vaines, et nous avons eu la joie de recueillir de nombreuses et précieuses adhésions.

» Telle est, dans ses grandes lignes, l'histoire de l'œuvre définitivement fondée, il y a trois ans. Comme toute entreprise d'un type nouveau, elle a rencontré çà et là quelque scepticisme. Réunir, fût-ce par un lien assez mince, autour d'un Conseil central, tant d'associations, a paru chimérique à certains, qui préfèrent une indépendance absolue des divers organismes scientifiques internationaux. Si courte que soit notre histoire, elle paraît montrer que ces craintes ne sont pas fondées. La tutelle du Conseil international de Recherches sur les diverses Unions est bien légère, et les modifications que le Conseil a apportées à quelques points de détails dans leurs statuts ont été acceptées très facilement. Il y a plus : on peut penser que certaines Unions ont été heureuses de laisser au Conseil international le soin de prendre des décisions qu'elles ne se souciaient pas de prendre elles-mêmes. Il semble donc que nous avons fait œuvre viable, et nous sommes heureux de constater que l'activité scientifique des Unions définitivement constituées, qui se sont réunies au moins une fois depuis leur fondation, a été fécond. L'Union internationale de chimie, il faut le reconnaître, a témoigné d'une

---

([1]) On trouve les résolutions les plus importantes prises à Londres, Paris et Bruxelles en 1918 et 1919 dans les *Comptes rendus* (t. 167, 1918, p. 566 et 933; t. 169, 1919, p. 345).

activité particulière. Elle a eu, chaque année, une réunion, où sont soulevées de nombreuses questions, comme le montrent ses très importants comptes rendus de 1920 et 1921. Il faut aussi rendre justice au labeur de l'Union astronomique et de l'Union géodésique et géophysique qui ont tenu à Rome une session très chargée il y a trois mois.

» Il est évident que tous les ordres de sciences ne se prêtent pas également à des travaux collectifs, et par exemple les mathématiques pures sont, à cet égard, très différentes de l'astronomie ou de la géophysique. Mais l'association dans la recherche est susceptible de bien des formes et il importe de créer des cadres, ne devraient-ils être pour le moment qu'incomplètement remplis. D'ailleurs les questions relatives aux Congrès internationaux rentrent dans les attributions des Unions, et c'est ainsi qu'un Congrès international des mathématiciens eut lieu à Strasbourg au mois de septembre 1920.

» Nous sommes assurés que la sympathie et la confiance régnant entre les adhérents, sans lesquelles toute collaboration fructueuse est impossible, permettront le développement de l'œuvre entreprise. Elles sont d'autant plus nécessaires que beaucoup, osons l'avouer, n'ont plus aujourd'hui les généreuses illusions d'autrefois et ne croient plus que la science, à elle seule, rapproche les nations. Entendue au sens étroit, c'est-à-dire de connaissance en vue de fins pratiques, la science ne rapproche ni n'éloigne ; elle est indifférente. Quand elle est un lien, c'est qu'il s'y trouve surajouté un élément qu'on pourrait dire moral, sans lequel des contacts plus fréquents risquent au contraire d'engendrer des dissensions plus âpres. Aussi, quelles que puissent être les espérances que nous pouvons concevoir, nous ne devrons pas oublier que nos entreprises ont encore la fragilité du jeune âge, et que des transformations trop brusques pourraient leur être dangereuses. Vous apporterez dans vos résolutions la prudence habituelle aux hommes de science, et, dans sa deuxième assemblée générale, le Conseil international de Recherches travaillera dignement au développement de l'œuvre si bien commencée il y a trois ans. »

Presque tous les pays adhérents au Conseil international de Recherches étaient représentés à l'Assemblée générale de la semaine dernière, et avaient envoyé de nombreux délégués. Un des objets de la réunion était la formation de nouvelles Unions internationales. Les Unions suivantes ont été créées définitivement : Union de Physique pure et appliquée, des Sciences biologiques, des Sciences médicales, de Géographie. Des statuts provisoires d'une Union géologique ont été posés ; ils seront discutés dans un Congrès géologique qui va se tenir à Bruxelles.

Quelques parties des statuts du Conseil international, ne touchant aucun point essentiel, ont été remaniées. En particulier, le Comité exécutif, qui se composait seulement jusqu'ici de cinq membres, a été notablement augmenté. En dehors des cinq membres choisis par l'Assemblée générale, il contiendra, dorénavant, un délégué de chaque Union. L'Assemblée a été d'avis, sur la suggestion de nos collègues des États-Unis d'Amérique, que le Conseil international pourrait jouer le rôle de conseiller scientifique, en entreprenant l'organisation de recherches demandant la collaboration de diverses Unions ou de savants représentant plusieurs branches des sciences. Cette tâche, à laquelle présiderait le Comité exécutif, serait de grande importance, et son exécution mérite d'être tentée.

Les pays adhérents au Conseil international de Recherches sont actuellement : Angleterre, Australie, Belgique, Canada, Danemark, Égypte, Espagne, États-Unis d'Amérique, France, Grèce, Hollande, Italie, Japon, Maroc, Mexique, Monaco, Norwège, Pologne, Portugal, Suède, Suisse, Tchéco-Slovaquie, Yougo-Slavie.

Le bureau du Comité exécutif pour la période 1922-1925 est ainsi formé : M. Émile Picard, président; MM. Georges Lecointe et Vito Volterra, vice-présidents; Sir Arthur Schuster, secrétaire général.

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Influence du calcium sur l'utilisation des réserves pendant la germination des grains.* Note de MM. **L. Maquenne** et **E. Demoussy.**

Nous avons montré à différentes reprises que l'influence du calcium sur les graines en germination se fait sentir à dose infiniment petite, tellement qu'une solution de carbonate et même d'oxalate de chaux se montre déjà, par rapport à l'eau pure, nettement favorable; elle est donc, à cette phase de la végétation, d'ordre catalytique. Peut-être agit-elle en provoquant la floculation des principes colloïdaux contenus dans la graine, ce qui modifierait sa perméabilité; mais dans ce cas d'autres électrolytes devraient produire le même effet, ce qui n'a pas lieu puisque l'action du calcium est absolument spécifique. Il nous semble plus naturel d'admettre qu'elle est due surtout à une excitation des diastases qui sont alors en jeu; mais l'action de ces diastases est toute différente, suivant qu'elle s'exerce dans la graine elle-même ou dans ses pousses; dans le premier cas elle a pour effet de dissoudre et par conséquent de mobiliser les réserves, c'est ce que l'on pourrait appeler la « phase analytique de la germination »; dans le second,

qui en serait la « phase synthétique », elle ramène ces principes solubilisés à l'état insoluble (cellulose ou autres), forme sous laquelle ils servent à la confection des nouveaux tissus. Sur lequel de ces deux processus inverses la chaux agit-elle de préférence ? c'est la question que nous avons essayé de résoudre dans le présent travail.

On sait que certaines diastases végétales sont sensibles aux sels de calcium : c'est le cas de la pectase de MM. Bertrand et Mallèvre, et aussi, suivant certains auteurs, de l'amylase. Nous n'avons en vérité trouvé aucune différence entre l'activité des jus de pois germés en présence ou en l'absence de chaux sur l'empois d'amidon ordinaire ou d'amidon de riz décalcifié par l'acide chlorhydrique et gélifié dans des vases de quartz avec de l'eau distillée au réfrigérant de quartz; ce résultat négatif n'impliquant pas nécessairement que les choses doivent se passer de même dans les graines en germination, nous avons alors comparé la composition des liquides contenus dans les plantules de graines germées avec ou sans calcium, de façon à savoir si les réserves s'y trouvent dissoutes dans le même rapport ou dans des rapports différents.

Les graines étaient mises à germer, comme d'habitude, sur du sable humecté d'eau pure ou d'une solution de sulfate de chaux contenant $0^{mg},1$ de SO^4Ca par centimètre cube et par graine. Après une douzaine de jours, lorsque les deux cultures avaient pris des aspects bien différents, les tiges et les racines étaient séparées du reste de la graine, puis broyées et soumises à la centrifugation pour en extraire le jus; la dessiccation des liquides ainsi obtenus, dans l'étuve à 110°, faisait connaître leur concentration, quand toutefois on en pouvait recueillir une quantité suffisante. Au cas contraire on a eu recours au réfractomètre d'Abbe, qui n'exige qu'une à deux gouttes de liquide par détermination; on sait que, pour des liqueurs de composition analogue, l'excès des indices de réfraction observés sur celui de l'eau, à la même température, est sensiblement proportionnel aux concentrations; nous avions donc là un moyen de comparer celles-ci avec une approximation très suffisante. Dans le Tableau suivant les indices sont représentés par la lettre n et leurs excès sur l'indice de l'eau par la lettre d.

Pois.			Capucine.			Radis.			Blé.		
Sans CaO.	Avec CaO.	Rapport.	Sans CaO.	Avec CaO.	Rapport.	Sans CaO.	Avec CaO.	Rapport.	Sans CaO.	Avec CaO.	Rapport.
1,3469	1,3452	»	1,3427	1,3405	»	1,3506	1,3439	»	1,3457	1,3435	»
0,0137	0,0120	1,14	0,0095	0,0073	1,30	0,0174	0,0107	1,62	0,0125	0,0103	1,21
6,78	6,15	1,10	4,7	3,7	1,27	»	»	»	»	»	»

n à 17°,5. — 2. d à 17°,5. — 3. Matière sèche pour 100.

La grandeur exceptionnelle du rapport 1,62 trouvé pour le radis tient vraisemblablement à ce que, dans ce cas, à cause de la petitesse des organes élaborés qui n'auraient pas donné assez de jus, on a broyé et centrifugé les feuilles cotylédonaires en même temps que l'axe et les racines. S'il en est bien ainsi, ce serait la preuve que les principes solubles de la graine ont, en l'absence de chaux, peine à passer dans les pousses.

Dans tous les cas on voit que, lorsque les graines ont évolué en présence de sulfate de chaux, le suc cellulaire des nouveaux organes est plus pauvre en matières dissoutes que lorsque la germination a eu lieu dans l'eau pure; la solubilisation des réserves n'est donc nullement empêchée par l'absence de chaux. A l'examen des chiffres qui précèdent on pourrait même croire le contraire, mais il faut remarquer qu'une différence analogue s'observerait encore si le poids absolu des principes solubilisés était le même avec et sans chaux, puisque les organes issus de la graine sont plus développés dans le premier cas que dans le second.

Il est donc certain que la chaux ne modifie pas profondément l'ensemble des réactions qui se produisent à l'intérieur de la graine dans ce que nous avons appelé la « phase analytique de la germination »; on peut néanmoins se demander si, parmi les diastases hydrolysantes qui sont alors en jeu, il n'en est pas certaines qui soient affectées plus que les autres. Pour le savoir il fallait déterminer la composition des deux espèces de jus, au moins dans ses parties les plus essentielles : nous nous sommes alors adressés au maïs, qui donne facilement de grandes pousses. Avec le même nombre de graines, germées dans l'eau pure ou additionnée de sulfate de chaux, on a obtenu respectivement 49^g et 94^g de matière fraîche, d'où l'on a retiré 10^{cm^3} et 15^{cm^3} de jus, quantités suffisantes pour y doser l'azote et les sucres (évalués en glucose après hydrolyse acide).

On est ainsi arrivé aux résultats suivants :

	Sans Ca.	Avec Ca.	Rapports.
n à 17°,5	1,3465	1,3435	»
d à 17°,5	0,0133	0,0103	1,29
Mat. sèche pour 100 de jus.	6,92	5,13	1,35
Azote pour 100	0,38	0,29	1,31
Sucres pour 100	4,6	3,9	1,18
Point de congélation	—1°,02	—0°,80	1,27
Poids moléculaire moyen ..	125	118	1,06

Tous les rapports sont sensiblement égaux, sauf dans le cas des sucres, qui sont, relativement aux autres principes solubles, plus abondants dans

les jus de graines ayant germé en présence de chaux, bien qu'alors la formation des nouveaux tissus en ait consommé davantage. Peut-être la chaux a-t-elle favorisé l'action de la maltase; en tout cas il n'y a guère de différence dans la composition des deux sucs, puisque le poids moléculaire moyen de la matière dissoute est sensiblement le même, que les graines aient évolué avec ou sans chaux; ce poids moléculaire est d'ailleurs considérablement plus faible que celui des sucres les plus simples.

Il semble donc, conformément aux indications que nous avait fournies l'examen des graines de pois, de capucine, de blé et de radis, que la chaux est à peu près sans influence sur la solubilisation des réserves contenues dans la semence; d'où cette conclusion qu'elle doit agir surtout sur la phase synthétique de la germination, comme adjuvant des diastases de condensation encore inconnues, sans préjudice, bien entendu, des changements de perméabilité, par conséquent de vitesse de transport des matières solubles, qui peuvent en être la conséquence.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Sur la localisation intracellulaire d'une oxydase et la localisation en général.* Note (1) de MM. **R. Chodat** et **E. Rouge.**

Par localisation, on entend généralement la présence observée d'un ferment dans des cellules particulières. Ainsi, par les travaux de Guignard, on sait que la myrosine, le ferment qui dédouble les glucosides des Crucifères, s'accumule dans des éléments cellulaires, distincts de ceux qui produisent le myronate de potassium et les corps analogues. Mais la localisation des ferments, dans des territoires particuliers de la cellule vivante, est chose plus malaisée. En effet, l'action des ferments ne se laisse évaluer que d'une manière indirecte. On n'est, dès lors, pas en état de saisir sur place, dans le noyau, dans les plastides ou dans les autres organes du plasma, ni le début de leur action, ni la vitesse de leur diffusion intracellulaire. Il paraît cependant probable que ces ferments, qui résultent de l'activité de la cellule vivante, sont formés en des points déterminés de cette cellule et par des éléments particuliers. On a, il est vrai, décrit des modifications intracellulaires protoplasmiques ou nucléaires qui se produisent au cours des phénomènes de la sécrétion de certains ferments.

(1) Séance du 24 juillet 1922.

Il paraît tout aussi évident que les ferments sont sécrétés par des organes particuliers du plasma ou du noyau, etc.; ils doivent, pour exercer leur action, diffuser du lieu où ils se trouvent à l'état de proferments, vers les régions du plasma où sont déposées les substances fermentescibles. Mais on pourrait aussi supposer que les enzymes ne se forment que là où ces dernières sont susceptibles de se fixer et que les ferments ne seraient en quelque sorte que des espèces d'anticorps adaptés aux antigènes, ici de nature chimique, et qui par leur configuration moléculaire particulière feraient apparaître, en certains points du milieu intracellulaire, une réaction adéquate. Il n'y a pas de doute, en effet, que les ferments sont remarquablement adaptés; on les dit, pour cette cause, spécifiques. A notre avis on a trop négligé le côté biologique de cette question.

Cependant la constatation, probablement exacte, que parfois ferment et substance fermentescible sont logés dans des cellules spéciales ou dans des compartiments distincts de la cellule pourrait être invoquée comme une preuve de l'indépendance du ferment, pour ce qui est de sa formation, laquelle ne serait pas nécessairement provoquée par la présence de la substance fermentescible. On sait aussi que plusieurs actions enzymatiques n'apparaissent de manière à pouvoir être décelées que si l'on a, par un anesthésique, diminué la semi-perméabilité cellulaire, changé en un mot l'état des films colloïdaux, par lesquels sont séparés, les uns des autres, non seulement ferments et substances fermentescibles, mais tout autant les ferments de diverses catégories. Mais les réactions par lesquelles nous prenons connaissance de la localisation momentanée, en territoires distincts, du ferment et de la substance fermentescible, ne suffisent pas pour affirmer que cette séparation, par des films semi-perméables, soit absolue. On peut sans absurdité supposer que l'absence de réaction grossière peut être due non pas au fait que les deux composantes sont logées en des compartiments distincts, mais à une inhibition due à l'autorégulation. En effet la concentration p^{H} ou celle de toute autre substance, jouant le rôle de coferment, varient d'un moment à l'autre.

Au surplus la spécificité des ferments est telle que leurs actions n'interfèrent en aucune manière. S'il y a simultanéité possible, ce qui est rare, comme dans le cas de la catalase et de la peroxydase qui agissent sur les mêmes peroxydes du type hydroperoxyde, la régulation est donnée par les vitesses d'action de chaque ferment, variables selon la réaction du milieu.

Les expériences que nous voulons exposer ici sont de nature à préciser certains points de ce problème compliqué.

En 1903 Chodat et Bach ([1]) ont décrit une méthode par laquelle on met en évidence la présence de peroxydes dans la cellule vivante. En même temps ils montraient la localisation du ferment oxydant (Laccase de Bertrand) dans les plastides amylogènes du périderme de la pomme de terre. Malheureusement cette belle réaction ne réussit que difficilement à cause de la difficulté de choisir, dans ce périderme, les cellules jeunes à l'état voulu et aussi à cause du danger qu'il y a d'altérer, par traumatisme, les cellules très délicates sur lesquelles il s'agit d'expérimenter. Nous avons cherché à améliorer cette méthode, soit en choisissant d'autres objets, soit en modifiant les proportions des substances qui entrent dans la composition du réactif.

Nous utilisons à cet effet les pousses étiolées de pomme de terre. Les plastides y sont incolores; les tissus fermes se laissent facilement sectionner au rasoir. On a soin de ne pas faire des coupes trop minces. Celles-ci sont mises dans une solution de glucose à 8 pour 100 puis après 5 minutes elles sont transportées dans une solution neutre de pyrogallol, fraîchement préparée, à 0,8-1 pour 100.

(On sait avec quelle rapidité ce phénol est altéré à l'air, même en solution très faiblement alcaline. Cette dernière est toxique dans les conditions indiquées, le plasma est dénaturé, le noyau coloré en violet bistre, etc.)

Les coupes sont laissées pendant un temps qui varie de 4'-10', dans le réactif, en couche mince, ce qui facilite l'accès de l'air, nécessaire pour l'oxydation.

Dans ces conditions, les cellules épidermiques et hypodermiques s'altèrent rapidement, tandis que celles de l'écorce interne et surtout celles de la moelle gardent longtemps leur intégrité. On observera donc de préférence ces dernières. On y verra au bout d'un temps variable (10'-15'), dans la cellule légèrement plasmolysée, se faire la réaction cherchée. La plasmolyse doit être typique, c'est-à-dire que le sac ectoplasmique doit présenter un contour défini; il est alors lié à la membrane par quelques filets hyalins; le noyau, resté incolore, est entouré par une enveloppe protoplasmique normalement granuleuse (et non floculée), qui contient les plastides, les uns sans amidon, les autres déjà amylogènes, les troisièmes représentant, sur le dos des grains d'amidon, la calotte caractéristique bien connue. Par la formation de purpurogalline, ces plastides sont devenus

([1]) Chodat et Bach, *Compte rendu des séances de la Société de Physique et d'Histoire naturelle de Genève*, 1903 (Archives).

jaune d'or; on voit même parfois se faire un dépôt de purpurogalline. On reconnaît, quoique avec moins de netteté, les plastides, maintenant jaunis, sur les grains d'amidon mobiles de l'endoderme. Le jaunissement et finalement le dépôt de purpurogalline, dans les plastides, est si vif que cette méthode peut non seulement servir à montrer la localisation du ferment oxydant mais l'existence d'un plastide sur chaque jeune grain d'amidon. Nous avons obtenu des résultats semblables avec plusieurs plantes, en particulier avec *Leucanthemum vulgare*, *Helianthus tuberosus* et *Stachys tuberifera*. Dans ces derniers exemples, il s'agit de plastides qui ne produisent pas d'amidon, l'inuline étant ici le produit de condensation. Il n'y a donc pas, ce qu'on pouvait supposer, de corrélation nécessaire entre la présence du ferment oxydant et la capacité de former de l'amidon.

Mais, en admettant, par raison d'analogie, que le pouvoir de condensation du fructose en inuline appartient aussi aux plastides, on se trouve entraîné à attribuer à ces plastides des propriétés ferment variées. Selon les idées actuelles, la photosynthèse, mise en train par les plastides verts, est accompagnée de production de peroxydes qui, en présence de l'eau, fournissent de l'hydroperoxyde que la catalase décompose; on est donc logiquement amené à localiser dans les mêmes plastides (qui verdissent plus tard) plus d'une action enzymatique : ferments de condensation, amylase, catalase, laccase, etc. Ces ferments s'associent aux diverses phases de l'assimilation et de la désassimilation des substances hydrocarbonées et leur intervention doit être automatiquement réglée par la variation des équilibres chimiques.

NOMINATIONS.

M. L. Joubin est désigné pour représenter l'Académie aux fêtes du *Quatrième centenaire du tour du monde*, les 5, 6, 7 septembre, à Saint-Sébastien.

M. W. Kilian est désigné pour représenter l'Académie aux fêtes qui seront données à Grenoble, les 7 et 8 octobre, pour célébrer le centenaire de la *Découverte des hiéroglyphes par Champollion*.

CORRESPONDANCE.

M. le Secrétaire perpétuel signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° *Géométrie et Cristallographie. Tous les polyèdres symétriques, non superposables ou superposables à leur image, centrés ou non centrés, peuvent être déduits d'un petit nombre de formes embryonnaires très simples, en n'employant que la droite comme élément de symétrie*, par G. Cesàro.

2° *De Zeeën van Nederlandsch Oost-Indië*, uitgegeven door het Koninklijk Nederlandsch Aardrijkskundig Genootschap.

3° *Étude dynamique des voitures automobiles*, par Albert Petot. Tome III : *Embrayages*, *Changements de vitesse*, *Freins*. (Présenté par M. P. Appell.)

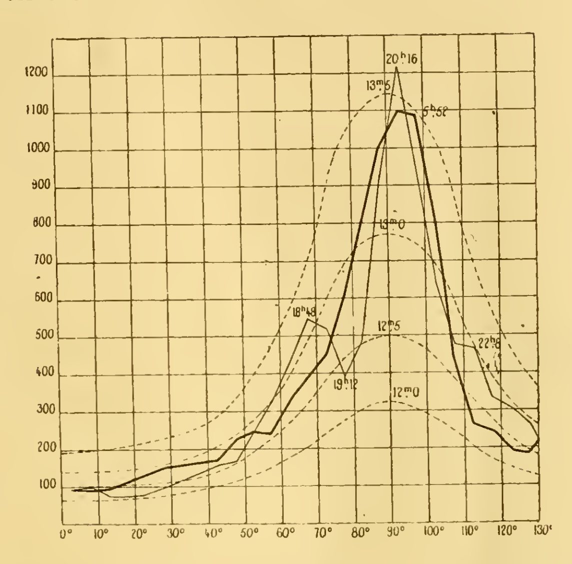
4° *Reflexões sôbre a teoria dos conjuntos*, por Pedro José da Cunha.

ASTRONOMIE. — *Quelques données sur la constitution de l'amas galactique déduites de l'étude de la Zone de Paris du Catalogue photographique.* Note de M. **Jules Baillaud**, présentée par M. B. Baillaud.

Condensation galactique. — Une discussion générale de données d'origines diverses, mais s'appliquant à tout le ciel, a conduit plusieurs astronomes, en particulier M. Van Rijn, à dresser des tables donnant, pour chaque latitude galactique, le nombre d'étoiles visibles jusqu'aux magnitudes successives, sur une surface d'un degré carré de la voûte céleste.

Sur la figure nous avons reproduit la distribution galactique à laquelle nous sommes arrivé pour les étoiles limites de notre zone du Catalogue, et, dans le même système de représentation, les courbes tirées de la table de Van Rijn donnant la distribution galactique des étoiles de magnitudes 12,0 ; 12,5 ; 13,0 ; 13,5. On voit que la condensation galactique dans notre zone est beaucoup plus grande que celle admise par Van Rijn. Ce résultat montre combien il serait dangereux en astronomie sidérale de chercher à

appliquer à des cas particuliers, même étendus, des conclusions tirées d'une discussion d'ensemble.



Singularités dans la distribution des étoiles. — Les singularités que présente notre courbe de distribution galactique, tracée par voie de moyennes, sont attribuables à des causes dont l'influence se fait sentir sur des surfaces supérieures à une dizaine de nos clichés. Tandis que la branche dont le maximum est à 6^h est très régulière, l'autre présente des singularités importantes, la plus notable étant le maximum secondaire de $18^h 48^m$. Cette singularité est-elle produite par une condensation stellaire locale produisant le maximum de $18^h 48^m$ ou au contraire par la présence d'une nébulosité obscure produisant le minimum de $19^h 12^m$? L'examen de la Voie lactée montre que cette dernière hypothèse est à rejeter. La branche secondaire de la Voie lactée présente en effet un maximum d'éclat dans la région $19^h 12^m$, $+22°$ où les étoiles de la zone présentent leur minimum. Une nébulosité absorbante qui affaiblirait les étoiles de magnitude 13 affaiblirait aussi manifestement les astres situés au delà d'elles. Il doit donc exister une condensation stellaire dont le maximum est à $18^h 48^m$ d'Æ. Si elle se prolonge par les condensations de la Voie lactée, elle ne suit pas une direction radiale par rapport au Soleil, la condensation galactique la plus voisine étant celle de $19^h 12^m$, $+22°$.

En dehors des singularités de grande étendue, il y a lieu de rechercher s'il n'en existe pas de locales, singularités que notre procédé de dénombrement est particulièrement apte à mettre en évidence. Si, pour un cliché

ayant une Æ et une latitude galactique donnée, on considère comme normal le nombre d'étoiles tiré de notre courbe, le rapport de ce nombre à celui que lui attribue la discussion des dénombrements mesure la singularité propre à ce cliché. En un seul cas le rapport de l'un de ces nombres à l'autre atteint 2 ($5^h 36^m + 20°$), dans tous les autres il est inférieur à 1,5.

Position du Soleil dans l'amas galactique. — La courbe de distribution galactique donne une indication très nette sur la position du Soleil dans l'amas. Les maxima des deux branches de la courbe ne correspondent pas en effet à l'équateur galactique, mais à une zone de colatitude 93°. Le Soleil vu du centre de l'amas est donc 3° au nord du plan central de la condensation galactique. Ce résultat est entièrement en accord avec celui auquel Kapteyn est arrivé dans son dernier Mémoire. L'égalité approximative des deux maxima laisserait penser que le Soleil est dans une position telle que l'axe de la sphère céleste coupe l'axe de l'amas galactique : le plan des deux axes étant plan de symétrie aussi bien pour l'amas galactique que pour notre zone, les deux branches de la courbe de condensation galactique doivent avoir la même amplitude. L'ascension droite du centre de l'amas serait une de celles de ce plan de symétrie, donc voisine de 13^h ou voisine de 1^h.

Malgré la concordance satisfaisante de cette dernière valeur avec celle admise par Kapteyn, $23^h, 10^m$, on ne doit pas attacher un grand poids à cette nouvelle détermination ; les étoiles du Catalogue photographique sont d'une magnitude assez faible, la 12,5 environ, l'égalité des deux maxima peut montrer simplement que le Soleil est voisin du centre de l'amas. On sait en effet que le nombre des étoiles d'une magnitude inférieure à une valeur donnée que l'on aperçoit dans un certain angle solide dépend, d'une part, du nombre des étoiles de faible luminosité voisines de l'observateur et, d'autre part, d'étoiles de grande luminosité, qui peuvent être d'autant plus éloignées que leur luminosité est plus grande. Comme les luminosités des étoiles semblent bien ne pas pouvoir dépasser une certaine valeur M, les étoiles du Catalogue de magnitude limite m ne peuvent pas se trouver au delà d'une distance D, facile à calculer si l'on connaît M. Or l'amas stellaire est certainement très aplati ; si son noyau central, où l'on peut considérer la répartition des étoiles comme homogène, a dans le plan galactique un rayon égal à $D + l$, le Soleil peut se trouver à toute distance inférieure à l du centre de l'amas sans que le nombre des étoiles des deux maxima ne soit différent.

Faut-il attribuer l'égalité approximative des deux maxima à l'ascension

droite particulière du centre de l'amas ou à l'étendue du noyau homogène dans le plan galactique? Les seuls résultats de nos dénombrements favoriseraient cette dernière explication. A l'examen de la courbe, on ne peut manquer d'être frappé du fait que la branche de 6^h enveloppe presque complètement la branche de 20^h, surtout si l'on fait abstraction des maxima secondaires de $18^h 48^m$ et de $22^h 8^m$ qui pourraient être attribuables à des condensations locales. Pour une même latitude galactique le nombre des étoiles aperçues dans la direction d'un point de cette branche est plus fort que dans la direction correspondante de l'autre branche. La branche de 20^h est donc par rapport au Soleil dans une direction de l'espace où la densité stellaire est moins grande, où l'on approche davantage de la limite de l'amas stellaire. C'est du côté des étoiles de cette branche que se trouverait le Soleil dans l'amas stellaire.

Conclusion. — En résumé, si l'on ne faisait état que des dénombrements des clichés du Catalogue astrophotographique de Paris, les coordonnées du pôle galactique seraient $13^h 22^m$, $+ 27°,2$, le centre de l'amas stellaire aurait une latitude galactique de $-3°$, il aurait une ascension droite comprise entre 1^h et 13^h; les étoiles du Catalogue, dans la direction du plan galactique seraient comprises dans une région du noyau de l'amas stellaire où la distribution des étoiles en densité et en luminosité serait homogène. La condensation galactique serait notablement plus grande que ne l'indique M. Van Rijn.

ÉLECTRO-OPTIQUE. — *Sur la relation entre les phénomènes photo-électriques et la tension superficielle du mercure.* Note [1] de M. **Jean G. Popesco**, transmise par M. E. Bouty.

En admettant l'existence d'une couche double électrique à la surface de tout conducteur isolé, dans le vide, Frenkel [2] définit la tension superficielle comme étant égale à l'énergie disponible par unité de surface de la couche électronique qui forme la partie négative de cette double couche électrique.

Toute variation de cette énergie doit entraîner une variation de la tension superficielle. Les phénomènes photo-électriques offrent la possibilité de faire

---

(1) Séance du 24 juillet 1922.

(2) J. Frenkel, *Phil. Mag.*, 6e série, vol. 33, n° 196, p. 247.

varier l'énergie disponible à la surface d'un corps et de vérifier s'il y a une relation réelle entre l'émission d'électrons et la tension superficielle.

Dans ce but j'ai employé un dispositif à peu près pareil au dispositif employé par Klages ([1]), dans ses expériences sur l'émission photo-électrique du mercure.

Une large goutte se forme dans une coupelle de porcelaine de 4^{cm} de diamètre, dont le bord circulaire est bien rodé, et qui communique avec un réservoir à mercure par un tube à robinet non graissé. Un petit plateau de fer, P, de 4^{cm} de diamètre, protégé par une cage de Faraday, et placé au-dessus de la goutte, sert à capter les charges émises. Un fil métallique protégé électrostatiquement établit la communication entre ce plateau et un électromètre système Moulin.

La coupelle, le plateau et la cage de Faraday sont enfermés dans une cloche de verre dans laquelle on peut faire un vide avancé. Une fenêtre de quartz, placée à la hauteur de la goutte permet d'envoyer sur celle-ci un faisceau de lumière ultraviolette, fourni par une lampe de quartz à vapeur de mercure.

Des électrodes, fixées dans la paroi de la cloche, permettent de charger la goutte et la cage à des potentiels convenables.

Pour la mesure de la tension superficielle, je photographie le profil de la goutte éclairée par un faisceau de lumière parallèle dirigé dans une direction parallèle au plan équatorial de la goutte.

Dans les calculs je me suis servi de la formule

$$\sigma = \frac{dgy^2}{2}$$

qui établit la relation entre la tension superficielle σ, la densité du mercure d, la hauteur y du sommet de la goutte au-dessus du plan équatorial de celle-ci. J'ai calculé également les variations de la tension superficielle en me servant de la formule de Frenkel ([2]).

Une photographie de la goutte, faite avant l'émission, sert de photographie témoin. Le temps d'action de la lumière ultraviolette est toujours de 10 secondes.

Pour ne pas être gêné dans la mesure de l'émission par l'émission de la cage, je me suis arrangé pour que celle-ci soit négligeable. Les résultats obtenus sont indiqués dans le Tableau suivant :

Potentiel		Tension superficielle du mercure après l'émission (dynes : cm).	Variation de la tension superficielle (dynes : cm)	
du mercure (volts).	du disque P (volts).		mesurée.	calculée.
— 8,0	0,178	419	17	19
— 7,6	0,189	419	17	21
— 7,6	0,167	420	16	18
— 6,2	0,311	409	27	34
— 4,2	0,194	419	17	21
— 4,1	0,162	421	14	17
— 2,0	0,114	426	10	12

([1]) A. Klages, *Ueber den lichtelektr. Effekt*, etc. (*Ann. der Physik*, 1910, p. 346).
([2]) Frenkel, *loc cit.*

La tension superficielle du mercure avant l'émission était toujours égale à 436 dynes : cm.

Le Tableau des résultats montre qu'il existe une relation entre le phénomène photo-électrique et la tension superficielle.

PHYSIQUE. — *La structure de l'univers et la relativité générale.* Note [1] de M. E.-M. LÉMERAY, présentée par M. L. Lecornu.

Dans un univers sphérique, à densité moyenne constante δ, il y a, comme nous l'avons montré dans une Note récente, une concentration stellaire apparente au voisinage du plan perpendiculaire à la droite qui joint l'observateur au centre de la sphère.

L'univers visible ne peut cependant être ainsi constitué pour la raison déjà signalée (accord insuffisant entre la répartition théorique dont nous avons donné l'expression et celle qui semble se dégager des jaugeages stellaires) et pour une autre encore : Si l'observateur, de paramètre ρ, mesurait la vitesse de la lumière, soit dans le sens radial, soit dans un sens normal à ce dernier, il trouverait deux valeurs différentes dont le rapport serait $\sqrt{1-\frac{\rho^2}{a^2}}$. Or les observations relatives à l'aberration et les mesures directes à la surface de la Terre n'ont jamais montré cette différence.

En conservant l'hypothèse d'un univers sphérique, on peut examiner s'il serait possible de modifier celle d'une densité moyenne constante.

Chercher une loi de variation continue de la densité serait prématuré. On peut se laisser guider par certaines considérations. Les premiers travaux d'Herschell et ceux de ses successeurs ont révélé que les nébuleuses se concentrent d'une façon marquée vers les pôles de la Voie lactée. Si, comme le pensent certains astronomes, les nébuleuses ne sont pas en moyenne plus éloignées que les étoiles, on doit nécessairement penser que, dans un univers sphérique fini, il y a une région où prédominent les étoiles, une autre où prédominent les nébuleuses. Où sera cette dernière région?

La réponse pourra surprendre. Cette région serait, en première approximation, comprise dans une sphère de rayon a', incluse dans une enveloppe stellaire de rayons intérieur et extérieur a' et a.

Il est vrai que, dans la conception classique des rayons lumineux rectilignes, un observateur, placé à la limite des deux régions, verrait la région des

(1) Séance du 24 juillet 1922.

nébuleuses du côté centre seulement. Mais, avec les rayons courbes ne sortant pas de l'univers, il la verra encore du côté opposé.

Les nébuleuses sont peu visibles. Si, par hypothèse, elles ne sont pas plus éloignées que les étoiles, il n'est pas déraisonnable de considérer la densité moyenne dans la région des nébuleuses comme très faible en comparaison de la densité de l'enveloppe. Négligeons-la : alors en première approximation, l'univers serait constitué par une enveloppe creuse. Dans la cavité a' se trouveraient, outre les nébuleuses, quelques étoiles. Étoiles, nébuleuses et rayons lumineux s'y déplaceraient sensiblement en ligne droite. Cette région serait presque euclidienne. En pénétrant dans l'enveloppe, les trajectoires se courberaient; les rayons lumineux atteindraient, sans la franchir, la surface sphérique de rayon a. Dans ce cas, grossièrement approché d'ailleurs, l'élément de ligne a pour expression

$$ds^2 = V^2(1+g)\,dt^2 - \frac{d\rho^2}{1+g} - \rho^2 d\varphi^2$$

avec

$$g = \frac{\omega}{V^2}\left(\rho^2 + \frac{2a'^3}{\rho} - 3a'^2\right), \qquad \omega = \frac{4}{3}\pi f \delta', \qquad \frac{4}{3}\pi\delta'(a^3 - a'^3) = M$$

(M, masse de l'univers). Cette expression contient comme cas particuliers celle de notre Note précédente et celle de Schwarzschild pour le champ solaire statique, avec changement de signe de la masse gravitante.

Si le Soleil est voisin de la surface a', les mesures radiale ou normale de la vitesse de la lumière donneront la même valeur : $c = 3.10^{10}$ (1).

La concentration galactique apparente croît avec a' $\left(\text{minimum très allongé pour } \psi = 0 \text{ ou } \pi, \text{ maximum aigu pour } \psi = \frac{\pi}{2}\right)$. Enfin les vitesses d'étoiles, même très faibles, sont compatibles avec cette hypothèse.

En résumé, on peut considérer la Voie lactée et l'univers entier, soit comme un amas de forme lenticulaire, le Soleil étant très voisin du centre; soit suivant l'hypothèse exposée ici. Cette dernière nous paraît présenter un avantage : il faut un paramètre de moins pour définir la structure générale; car si l'univers est approximativement un ellipsoïde de révolution aplati, il faut donner le rayon équatorial et l'axe de révolution; ici le rayon de la sphère extérieure suffit. Pour définir la région des nébuleuses, il faut au moins un paramètre dans chacune des deux hypothèses.

D'autre part, l'existence d'un univers aplati paraît se lier à une rotation

(1) La théorie établit une relation entre V et c.

d'*ensemble* et nous retrouvons l'énigme d'une rotation absolue. Avec un univers sphérique, cette difficulté disparaît.

Si la Terre n'est plus depuis longtemps le centre du monde, le Soleil est considéré comme très voisin de ce centre. La structure envisagée ici nous dispense encore de lui attribuer une position si spéciale.

En terminant, nous nous permettons de signaler l'intérêt de mesures de la vitesse de la lumière dans les conditions suivantes : une base serait établie dans la direction joignant les points lever et coucher des pôles de la Voie lactée; en faisant une série de mesure quand la ligne des pôles galactiques est horizontale et une autre quand cette ligne se rapproche le plus de la verticale, on trouverait peut-être une différence appréciable entre les deux résultats. Les conditions du plus grand écart se trouveraient mieux réalisées à la latitude de la Floride et de la basse Égypte.

PHYSIQUE. — *Biréfringence moléculaire et activité optique.* Note [1] de M. R. DE MALLEMANN, présentée par M. Brillouin.

I. *Pouvoir rotatoire.* — La théorie dont le principe a été indiqué dans une Note précédente conduit à l'expression du pouvoir rotatoire ρ en fonction des coefficients d'activité optique *moléculaires* g_1, g_2, g_3.

En nous limitant, pour simplifier, à un domaine de longueur d'onde, dans lequel on puisse négliger les termes amortissants, on obtient dans le cas de molécules possédant un axe de biréfringence de révolution :

$$\rho = \frac{8\pi^3}{\lambda^2}\,\frac{N}{3}\,\frac{(2Ag + Cg')}{\left\{1 - \frac{4\pi N}{9}(2A + C)\right\}^2}, \tag{1}$$

A et C sont ici des constantes réelles, qui dépendent de la longueur d'onde λ.

On voit que ρ peut s'annuler en dehors de la région d'absorption si les deux termes du numérateur sont de signes contraires.

Supposons, pour fixer les idées, que le pouvoir rotatoire soit *isotrope* ($g = g'$) et qu'il n'y ait qu'une seule espèce d'électrons actifs (1 raie d'absorption) : en remplaçant A et C par leurs valeurs, on est alors conduit à une formule de dispersion de la forme

$$\rho = \frac{Mg}{a(\lambda^2 - \lambda_0^2) - b\lambda^2 + \frac{c\lambda^4}{\lambda^2 - \lambda_0^2}}, \tag{2}$$

---

[1] Séance du 10 juillet 1922.

M, a, b, c désignant des constantes positives dont les valeurs relatives dépendent du nombre d'électrons de chaque molécule intervenant dans le phénomène optique.

II. *Indice de réfraction.* — On obtient l'indice moyen de la substance active en formant la demi-somme $\frac{\gamma_1+\gamma_2}{2}$ des phases des deux circulaires inverses, ce qui donne

$$(3)\qquad n = \frac{2\pi}{\lambda}\frac{n_D + n_G}{2} = \sqrt{\frac{V^2}{\omega^2}\rho^2 + (1 + 4\pi\alpha)}.$$

Le coefficient α correspond à des propriétés optiques indépendantes du pouvoir rotatoire : il définirait l'indice n_0 que posséderait la substance si la molécule pouvait perdre son activité optique, toutes ses autres propriétés restant identiques.

On trouve ainsi

$$(4)\qquad n - n_0 = \frac{\lambda^2}{8\pi^2 n}\rho^2 \qquad (n_0^2 = 1 + 4\pi\alpha).$$

Cette quantité étant très petite (nous supposons toujours que nous sommes éloignés de la région d'absorption), nous pouvons poser au second membre : $n = n_0$.

Supposons le pouvoir rotatoire isotrope; il vient alors pour deux longueurs d'ondes λ_1 et λ_2 :

$$(5)\qquad \frac{\rho_2}{\rho_1} = \frac{\lambda_1^2}{\lambda_2^2}\frac{(n_2^2 - 1)(n_2^2 + 2)}{(n_1^2 - 1)(n_1^2 + 2)}.$$

Cette formule donnerait la valeur de l'écart à la loi de Biot en $\frac{1}{\lambda^2}$: elle suppose toutefois essentiellement l'isotropie du pouvoir rotatoire et serait remplacée par une expression plus compliquée si la molécule possédait une activité optique variable avec la direction ([1]).

III. *Biréfringence.* — Si le corps actif est placé dans un champ électrique constant et uniforme $\mathcal{H}$, les molécules anisotropes tendront à s'orienter et la substance deviendra biréfringente. La loi de répartition des axes moléculaires, fonction de l'énergie potentielle de chaque molécule, sera donnée par la formule de Boltzmann.

En supposant le champ $\mathcal{H}$ dirigé suivant Ox (normal à la direction de

([1]) Cette correction, appliquée aux raies jaune et indigo du Hg, est nettement trop faible pour le pinène α, pour le limonène et surtout pour le pinène β. La dispersion de ce dernier corps semble d'ailleurs lui assigner une molécule à rotation anisotrope, avec bande d'absorption dans l'ultraviolet rapproché.

propagation) et procédant exactement comme dans le cas de la répartition uniforme, on trouve, pour les composantes de la polarisation diélectrique :

$$(6)\quad \left\{ \begin{aligned} a_x &= \mathrm{N}\left\{ [\mathrm{C} + (\mathrm{A} - \mathrm{C})\mathfrak{I}]h_x + [\mathrm{C}g' + (\mathrm{A}g - \mathrm{C}g')\mathfrak{I}]\gamma i h_y \right\} = \mathrm{P}_1 \mathrm{H}_x + i\mathrm{P}'_1 \gamma \mathrm{H}_y, \\ a_g &= \mathrm{N}\left\{ \left[\mathrm{A} + (\mathrm{C} - \mathrm{A})\frac{\mathfrak{I}}{2}\right]h_y - \left[\mathrm{A}g + (\mathrm{C}g' - \mathrm{A}g)\frac{\mathfrak{I}}{2}\right]\gamma i h_x \right\} = \mathrm{P}_2 \mathrm{H}_y + i\mathrm{P}'_2 \gamma \mathrm{H}_x, \end{aligned} \right.$$

$$\mathfrak{I} = \frac{1}{\mathrm{N}} \int_0^{\pi} \sin^2\theta \, d\mathrm{N}$$

(H désigne le champ extérieur de l'onde, $\vec{\mathrm{H}} = \vec{h} + \frac{4\pi}{3}\vec{a}$).

En remplaçant alors a_x et a_y par les valeurs précédentes dans les équations *ordinaires* de Maxwell-Lorentz, on est amené à la conclusion suivante : « Le milieu propage sans déformation, avec des vitesses différentes, deux vibrations elliptiques de sens contraires. »

La biréfringence restant faible, les quantités $\mathrm{P}_1 \mathrm{P}_2$ d'une part, $\mathrm{P}'_1 \mathrm{P}'_2$ d'autre part, diffèrent peu l'une de l'autre, ce qui montre que les rapports d'axes des deux elliptiques sont *sensiblement* inverses.

On obtiendra l'expression de la biréfringence elliptique, en formant la quantité $(\gamma_1 - \gamma_2)^2$.

Les termes P_1 et P_2 correspondent respectivement aux indices ordinaire et extraordinaire : *Si la molécule possède un pouvoir rotatoire isotrope*, on trouve, en supposant toujours la biréfringence faible,

$$(7)\qquad \delta^2 = \frac{4\pi^2}{\lambda^2}(n_1 - n_2)^2 + 4\rho^2 = \varphi^2 + 4\rho^2,$$

ce qui est la relation fondamentale de Gouy.

On doit toutefois remarquer que le pouvoir rotatoire ρ qui a été introduit dans cette formule n'est égal au pouvoir rotatoire ordinaire du corps (en dehors du champ) que si la rotation due à la molécule est indépendante de la direction considérée.

S'il n'en est pas ainsi, *la relation précédente définit un nouveau pouvoir rotatoire dû à l'orientation et fonction de celle-ci.* On pourrait donc obtenir, de cette manière, des indications sur la nature du pouvoir rotatoire *vrai* de la molécule ([1]).

Il est vraisemblable qu'en raison de la faiblesse de l'orientation, les variations de ρ sont pratiquement très petites ([2]).

([1]) La même conclusion s'applique évidemment aux indices d'extinction : en particulier, pour les corps colorés, il pourrait exister une faible variation du dichroïsme.

([2]) Le calcul montre que si l'on admet pour les pouvoirs rotatoires moléculaires

RADIOACTIVITÉ. — *Préparation du sel étalon radifère.*
Note de M. **Yovanovitch** et de M[lle] **Chamié**, présentée par M. Urbain.

Pour déterminer les quantités relativement faibles de radium (par exemple dans les minerais), on se sert de la mesure de l'émanation dégagée et il est de grand intérêt d'avoir une solution qui puisse servir d'étalon de comparaison. Or ces solutions étalons de radium sont d'une préparation et d'une conservation difficiles; elles ont une tendance à former des dépôts insolubles sur les parois du verre, ce qui ne permet pas de chasser toute l'émanation par le barbotage. Des essais ont été entrepris pour remplacer les solutions étalons par un sel étalon solide. Ce sel doit être stable et point hygroscopique; il doit conserver constante sa teneur en radium pour servir comme étalon inaltérable. Une première série d'essais avait été faite en réalisant par des procédés mécaniques un mélange aussi parfait que possible de chlorure de baryum radifère. Le résultat de cette opération n'a pas été satisfaisant. Le sel ainsi mélangé entraîne des parcelles de matière solide étrangère et, lors de sa dissolution, il se forme des dépôts.

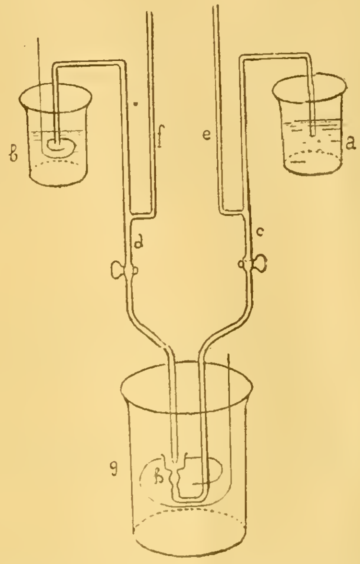
Il semblait donc préférable d'avoir recours à un sel insoluble et de rendre le mélange uniforme par les conditions mêmes de la précipitation. Le carbonate a été choisi comme sel insoluble et non hygroscopique. Un premier essai a été fait en précipitant le chlorure de baryum radifère en solution aqueuse par le carbonate d'ammonium et en agitant le précipité ainsi formé au moyen d'un agitateur actionné par une turbine à eau. Cependant le sel ainsi obtenu n'avait pas une teneur uniforme en radium, ainsi que l'ont prouvé les mesures.

---

maxima des valeurs du même ordre de grandeur que les pouvoirs rotatoires ordinaires des liquides, la variation relative $\frac{\Delta\rho}{\rho}$ serait de l'ordre de 10^{-5} dans les champs d'orientation, actuellement réalisables. On ne pourrait espérer la mettre en évidence qu'en se plaçant dans des conditions tout à fait spéciales.

On peut admettre, au contraire, des pouvoirs rotatoires moléculaires très grands (de l'ordre de ceux qui ont été observés sur les cristaux liquides) et de *signes contraires* suivant deux directions rectangulaires, la faiblesse du pouvoir rotatoire habituel étant ainsi due à un effet de compensation. La variation serait alors sensible dans les champs ordinaires. Nous espérons pouvoir examiner prochainement cette question d'un point de vue expérimental.

En tenant compte de la Note de M. Jolibois [1], nous avons alors construit un dispositif spécial dont nous donnons le croquis ci-dessous.



a, solution du carbonate d'ammonium; *b*, solution du chlorure de baryum; *e* et *f*, tubes servant à aspirer les liquides pour les faire descendre dans les parties *c* et *d*; *h*, partie du tube *c* où se produisait la précipitation.

La précipitation du carbonate de baryum se produisait dans la partie inférieure *h* du tube *c* où un jet fin de solution du chlorure de baryum chauffée et agitée rencontrait le jet de la solution chauffée de carbonate d'ammonium en excès. Ce précipité était entraîné par le tourbillon qui se formait dans cette partie du tube et rejeté dans le vase *g* où il était en plus chauffé et agité par un agitateur. Tous les réactifs ont été spécialement préparés et les solutions du sel étalon furent parfaitement limpides.

Les mesures de la teneur en radium ont été faites sur des échantillons de sel prélevés indépendamment. Les mesures faites sur trois échantillons différents du sel ainsi préparé ont donné pour le rapport de $\frac{R}{p}$ [2]

---

[1] *Sur un appareil permettant de réaliser dans un temps très court des mélanges liquides homogènes* (*Comptes rendus*, t. 169, 1919, p. 1095).

[2] Mme P. Curie, *Traité de Radioactivité*, t. 1, 69. Dosage du radium par la mesure de l'émanation dégagée. p étant le poids de sel et R le rapport de la quantité d'émanation accumulée en un temps t à la valeur du *temps réduit* $t_r = \theta\left(1 - e^{-\frac{t}{\theta}}\right)$ où θ est la vie moyenne de l'émanation.

les valeurs moyennes suivantes : barboteur 1 : $\frac{R_1}{p_1} = 1,709$; barboteur 2 : $\frac{R_2}{p_2} = 1,722$; barboteur 3 : $\frac{R_3}{p_3} = 1,717$; ce qui donne un écart moyen de 0,009, soit 0,5 pour 100, ce qui est la limite de la précision de la méthode.

On voit donc que le dispositif décrit, qui devra encore être perfectionné, permet la préparation d'un sel radifère dont l'homogénéité en teneur de radium est assurée à 0,5 pour 100.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur la préparation du bicarbonate de sodium.* Note de M. **Er. Toporescu**, transmise par M. H. Le Chatelier.

Dans une Note précédente [1] j'ai donné les résultats qui déterminent, à la température de 15°, les conditions d'équilibre entre les quatre sels de la réaction chimique

$$ClNa + CO^3HNH^4 = ClNH^4 + CO^3HNa$$

et leurs solutions saturées, réaction qui est à la base de la préparation du bicarbonate de sodium.

Dans cette Note je donnerai les résultats relatifs aux températures de 35° et 50°.

Les différentes solutions à étudier ont été préparées dans des flacons placés dans un thermostat, dont la température restait toujours constante à un degré près et soumis à une agitation continuelle durant 2 heures et demie à 3 heures, temps largement suffisant pour que les solutions soient saturées. Pour les solutions dans lesquelles se trouvait le bicarbonate d'ammoniaque, je me suis servi d'un flacon en verre épais pour la température de 35°, et en nickel très bien soudé et rivé, muni à la partie supérieure d'un dispositif identique à celui des flacons d'eau de Seltz, pour la température de 50°. Ce dispositif est nécessaire à cause de la forte pression produite par la décomposition du bicarbonate d'ammoniaque.

J'ai fait quelques expériences pour reconnaître l'ordre de grandeur de ces pressions dans le cas où les solutions contenaient des mélanges de bicarbonate d'ammoniaque et chlorure d'ammoniaque avec un excès de sels solides. Dans ces conditions, j'ai trouvé pour la température de 35°

(1) *Comptes rendus*, t. 174, 1922, p. 870.

une pression de $1^{atm},8$ et pour la température de 50° une pression de $4^{atm},9$.

Les prises ont été faites dans un flacon taré et jaugé et les analyses, toutes concordantes entre elles, révélèrent des erreurs de 3 à 5 pour 100, en faisant la somme des ions acides et bases. Ces erreurs proviennent d'un fort dégagement gazeux d'acide carbonique et peut-être d'ammoniaque qui se produit nécessairement au moment de la prise d'essai.

Le Tableau ci-après résume les résultats ainsi obtenus pour la température de 35° et 50°.

Composition des solutions saturées.

Sels solides en présence de la solution saturée.	Température.	Grammes pour 100 d'eau.				Nombre de molécules dans 1^{mol} de mélange.				Grammes d'eau dissolvant 1^{mol} de mélange.
		ClNa.	$ClNH^4$.	CO^3HNa.	CO^3HNH^4.	ClNa.	$ClNH^4$.	CO^3HNa.	CO^3HNH^4.	
ClNa	35°	36,18	"	"	"	1	"	"	"	161,6
$ClNH^4$	»	"	43,6	"	"	"	1	"	"	122,7
CO^3HNa	»	"	"	11,9	"	"	"	1	"	705,8
CO^3HNH^4	»	"	"	"	30,5	"	"	"	1	255,8
ClNa + $ClNH^4$	»	24,32	27,28	"	"	0,45	0,55	"	"	108
ClNa + CO^3HNa	»	36,02	"	1,58	"	0,96	"	0,04	"	149,4
CO^3HNa + CO^3HNH^4	»	"	"	7,62	27,8	"	"	0,20	0,80	223,7
CO^3HNH^4 + $ClNH^4$	»	"	43,4	"	10,75	"	0,86	"	0,14	105,4
ClNa	50	36,67	"	"	"	1	"	"	"	159,4
$ClNH^4$	»	"	50,4	"	"	"	1	"	"	106,2
CO^3HNa	»	"	"	14,5	"	"	"	1	"	579,3
CO^3HNH^4	»	"	"	"	44,7	"	"	"	1	174,6
ClNa + $ClNH^4$	»	22,75	34,8	"	"	0,38	0,62	"	"	96,2
ClNa + CO^3HNa	»	36,42	"	2,24	"	0,95	"	0,05	"	153,9
CO^3HNa + CO^3HNH^4	»	"	"	8,86	41,6	"	"	0,17	0,83	156,6
CO^3HNH^4 + ClNa	»	"	49,8	"	12,75	"	0,85	"	0,15	91,4

Composition des solutions aux deux points triple.

Sels solides en présence de la solution saturée.	Température.	Grammes pour 100 d'eau.				Nombre de molécules dans 1^{mol} de mélange.				Grammes d'eau dissolvant 1^{mol} de mélange.
		Na.	NH^4.	Cl.	CO^3H.	Na.	NH^4.	Cl.	CO^3H.	
ClNa + $ClNH^4$ + CO^3HNa	35°	9,73	9,25	32,34	2,56	0,46	0,54	0,96	0,04	105,8
$ClNH^4$ + CO^3HNH^4 + CO^3HNa	»	3,13	14,99	30,76	11,58	0,14	0,86	0,83	0,17	103,3
ClNa + $ClNH^4$ + CO^3HNa	50	9,55	13,63	37,94	4,13	0,35	0,65	0,95	0,05	87,9
$ClNH^4$ + CO^3HNH^4 + CO^3HNa	»	3,2	19,44	35,36	13,35	0,11	0,89	0,82	0,18	82,2

La représentation géométrique de ces résultats, au moyen du diagramme carré, permet de calculer très facilement, par la règle donnée par M. H. Le Chatelier ([1]), le rendement théorique, c'est-à-dire la proportion de ClNa transformable en CO^3HNa cristallisé, pour une solution de composition initiale donnée.

Voici les rendements théoriques maximum pour des mélanges initiaux de chlorure de sodium et de bicarbonate d'ammonium, correspondant à des points sur la diagonale du carré :

Température.	ClNa initial.	CO^3HNa recueilli.	Rendement.
35°	0,49	0,412	0,84
50°	0,48	0,418	0,87

Quoique dans l'industrie on ne procède pas de la même manière pour préparer le bicarbonate de sodium, à cause de la variation de température que subit la solution saline, ces résultats nous permettent tout de même, de voir s'il faut ajouter de l'eau à la solution initiale de chlorure de sodium, pour éviter la précipitation de bicarbonate d'ammoniaque, ou s'il faut ajouter à la solution saturée un excès de sel solide, pour avoir le rendement théorique ([2]).

CHIMIE PHYSIQUE — *Sur la dissociation du sulfate de glucinium.* Note de Mlle G. **Marchal**, transmise par M. H. Le Chatelier.

Les sulfates métalliques en se décomposant dans le vide sous l'influence de la chaleur donnent lieu à des systèmes monovariants : je me suis proposée d'étudier quelques-uns de ces équilibres et j'indiquerai aujourd'hui les résultats relatifs au sulfate de glucinium.

Le sulfate de glucinium anhydre, préparé à partir de la glucine pure, était encore purifié en passant par l'intermédiaire de l'hydrate cristallisé $SO^4Gl.4H^2O$.

Le sulfate anhydre est placé dans le réservoir d'un tube pyrométrique en porcelaine chauffé dans un four électrique. La tige du réservoir est reliée à un manomètre à mercure d'environ 3^m de haut et à une trompe à mercure par l'intermédiaire d'un robinet. Le vide étant fait dans l'appareil, on ferme

([1]) *Comptes rendus*, t. 172, 1921, p. 345.

([2]) Voir l'interprétation que M. H. Le Chatelier a donnée dans les *Comptes rendus*, t. 174, 1922, p. 836, en se basant sur mes résultats pour la température de 15°.

le robinet pour le séparer de la trompe et l'on chauffe à une température constante mesurée par un couple Le Chatelier platine-platine rhodié. Quand l'équilibre est établi, la différence des hauteurs de mercure dans les deux branches du manomètre et la connaissance de la pression atmosphérique au même instant, permettent de déterminer la pression totale d'équilibre P correspondant à la température considérée (troisième colonne du Tableau).

Le sulfate de glucinium se décompose suivant la réaction

(1) $$SO^4Gl_{sol.} = GlO_{sol.} + SO^3_{vap.},$$

mais aux températures des expériences, SO^3 est lui-même en équilibre avec le gaz sulfureux et l'oxygène d'après la relation

(2) $$2SO^3_{vap.} \rightleftharpoons 2SO^2_{gaz} + O^2_{gaz}.$$

En utilisant l'équation de cet équilibre donnée par Bodenstein et Pohl [1] et tenant compte des mesures expérimentales de la pression totale d'équilibre P, j'ai déterminé, à toutes les températures considérées, les pressions partielles d'anhydride sulfurique, de gaz sulfureux et d'oxygène correspondant à l'équilibre : ces valeurs sont indiquées dans les 4e, 5e et 6e colonnes du Tableau.

Températures. Centigrades.	Absolues.	P.	p_{SO^3}.	p_O.	p_{SO^2}.	p_{SO^3} calculé d'après la formule empirique.
o	o	cm	cm	cm	cm	cm
590	863......	2,85	1,13	0,57	1,14	0,20
650	923......	4,38	1,20	1,06	2,12	1,13
700	973......	12,80	3,30	3,17	6,34	3,30
710	983......	15,90	4,03	3,96	7,92	4,05
720	993......	19,40	4,91	4,83	9,66	5,03
730	1003......	25,50	6,55	6,32	12,64	6,15
740	1013......	29,30	7,32	7,33	14,66	7,50
750	1023......	36,48	9,12	9,12	18,24	9,12
760	1033......	44,30	11,00	11,10	22,20	10,97
770	1043......	54,90	13,65	13,75	27,50	13,17
780	1053......	67,00	16,62	16,79	33,58	15,75
785	1058......	70,60	17,23	17,79	35,58	17,23
790	1063......	76,50	18,55	19,32	38,64	18,74
800	1073......	95,00	23,18	23,94	47,98	22,16
810	1083......	112,60	27,25	28,45	56,90	26,15
820	1093......	171,60	44,84	42,25	84,50	30,70
830	1103......	212,60	56,00	52,20	104,40	35,90

(1) *Zeitschrift für Elektrochemie*, t. 24, 1905, p. 373.

J'ai calculé les coefficients de l'équation d'équilibre correspondant à la première réaction en mettant en œuvre les pressions de l'anhydride sulfurique correspondant aux températures centigrades de 700°, 750° et 785°. L'équation trouvée est la suivante :

$$\log p_{SO^3} = \frac{-14907}{T} - 14,10 \log T + 57,97$$

(p_{SO^3} étant la pression de l'anhydride sulfurique en centimètres de mercure à la température absolue T). Les valeurs de p_{SO^3}, calculées d'après cette formule à toutes les températures considérées, se trouvent dans la 7e colonne du Tableau et concordent à peu près avec les précédentes, sauf pour les pressions élevées.

On sait que pour des courbes de dissociation homologues, si Q et Q′ représentent les chaleurs de réaction rapportées à 1^{mol} de gaz libérée aux températures absolues T et T′ pour lesquelles la pression de décomposition est la même, on a, avec une approximation suffisante :

$$\frac{Q}{Q'} = \frac{T}{T'}.$$

Comparons la dissociation du sulfate de glucinium à celle du sulfate de cuivre, pour laquelle on a

(3) $$SO^4Cu_{sol.} = CuO_{sol.} + SO^3_{vap.} - 50^{cal},1.$$

Une pression partielle d'anhydride sulfurique de $6^{cm},25$ est obtenue à 660°C. avec le sulfate de cuivre (¹) et à 730°C. avec le sulfate de glucinium : on en déduit $-53^{cal},5$ comme chaleur correspondant à la réaction (1).

D'autre part, cette chaleur de réaction, calculée à partir de l'équation empirique représentant l'équilibre, par la formule

$$Q = -(a \times 4,57) + 2bT,$$

donne -60^{cal} à la température ordinaire (15°C.).

La détermination de la chaleur de formation du sulfate de glucinium anhydre à partir de ses éléments permettra de décider entre ces nombres.

(¹) W. PLÜDDEMANN, *Dissertation*, Berlin, 1907.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur une méthode de préparation des iodobismuthates d'alcaloïdes à l'état cristallisé.* Note (¹) de MM. **Maurice François** et **Louis-Gaston Blanc**, présentée par M. Charles Moureu.

La solution d'iodobismuthate de potassium, souvent appelée réactif de Draggendorff, du nom du chimiste qui le premier l'utilisa, donne des précipités d'iodobismuthates dans les solutions acides et extrêmement étendues des sels d'alcaloïdes. Ces précipités, de couleur rouge, sont amorphes, et Draggendorff leur reconnaît formellement ce caractère (²). Les tentatives faites pour les obtenir à l'état cristallisé sont restées en général infructueuses. Nous devons signaler, toutefois, que M. Pozzi-Escot a indiqué, trop brièvement à notre sens pour que l'expérience soit facile à réaliser, qu'il a obtenu sur la lame du microscope des cristaux des iodobismuthates de strychnine et de cocaïne (³).

Nos recherches nous ont montré rapidement que l'on pourrait obtenir les iodobismuthates d'alcaloïdes à l'état cristallisé par une méthode semblable à celle que nous avons donnée pour les iodomercurates correspondants (⁴).

Les iodobismuthates d'alcaloïdes amorphes, en suspension dans le mélange des réactifs qui leur ont donné naissance, se dissolvent quand on ajoute de l'acide chlorhydrique et que l'on chauffe. La solution limpide et chaude laisse généralement déposer des cristaux par refroidissement lent.

Comme pour les iodomercurates, on a intérêt, au lieu de redissoudre les précipités déjà formés d'iodobismuthates, à préparer la solution chaude limpide qui doit déposer les cristaux en mélangeant une solution chaude d'iodobismuthate de potassium et une solution chaude de sel d'alcaloïde fortement chargée d'acide chlorhydrique.

La recherche des dilutions qui permettent d'obtenir de tels mélanges limpides à chaud doit précéder la détermination des détails d'une préparation définitive. On obtient ce résultat en essayant successivement le mélange de volumes égaux de solutions chaudes, de moins en moins concentrées, du sel d'alcaloïde, additionnées d'une quantité fixe d'acide chlorhydrique, et de solutions chaudes d'iodobismuthate de potassium.

(¹) Séance du 24 juillet 1922.

(²) Draggendorff, *Pharmaceutische Zeitschrift für Russland*, t. 5, 1886, p. 82.

(³) Pozzi-Escot, *Annales de Chimie analytique*, t. 12, 1907, p. 357 et 358.

(⁴) *Comptes rendus*, t. 175, 1922, p. 169.

Les conditions d'obtention d'une solution limpide à chaud, contenant le sel d'alcaloïde de l'iodomercurate de potassium et de l'acide chlorhydrique, une fois établies, on n'a qu'à opérer sur de plus grandes quantités, par exemple sur 1^l de solution de sel d'alcaloïde rendue acide par l'acide chlorhydrique et sur 1^l de solution d'iodobismuthate de potassium, pour obtenir des quantités importantes de cristaux, soit 3^g à 37^g, suivant les alcaloïdes.

Plus fréquemment encore que pour les iodomercurates, on rencontre quelque difficulté dans l'application de cette méthode, qui peut être considérée comme générale, du fait du dépôt de l'iodobismuthate d'alcaloïde sous forme de globules transparents. Par une modification du milieu dans lequel le dépôt se produit, on arrive toujours à obtenir des cristaux.

Résultats. — Par cette méthode, nous avons préparé les iodobismuthates cristallisés de caféine, théobromine, morphine, codéine, quinine, atropine, arécoline, pilocarpine, spartéine et nicotine. Nous avons obtenu en plus ceux d'aniline, de pyridine et de quinoléine, ces deux derniers nous ayant semblé intéressants en raison de la parenté des deux bases avec les alcaloïdes.

Ces corps sont en cristaux assez volumineux, toujours d'une netteté remarquable de forme au microscope. A l'œil nu et en masse, ils sont d'une couleur beaucoup plus sombre que les corps correspondants amorphes.

Ils ne contiennent pas de chlore dans leur molécule; ils ne renferment pas d'eau de cristallisation. Ce sont des combinaisons de l'iodure de bismuth et de l'iodhydrate d'alcaloïde de formule générale

$$(BiI^3)^m \text{Alc.HI})^n.$$

Nous nous proposons d'appliquer cette formation d'iodomercurates et d'iodobismuthates à la caractérisation des alcaloïdes par des méthodes microchimiques.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur les éthers alcoyl-méthyl-pyridazinone carboniques.* Note de MM. **H. Gault** et **T. Salomon**, transmise par M. A. Haller.

Nous avons indiqué, dans une Communication antérieure ([1]), une méthode de préparation des acides α-alcoyllévuliques à partir des éthers alcoylacétonylmaloniques, obtenus eux-mêmes par condensation de l'éther acétonylmalonique sodé avec les iodures alcooliques.

([1]) *Comptes rendus*, t. 174, 1922, p. 754-756.

Nos recherches ont porté, plus récemment, sur les autres propriétés fondamentales de l'éther acétonylmalonique lui-même : nous exposons dans cette Note les résultats que nous a fourni l'action de l'hydrate d'hydrazine sur cet éther.

La série des réactions qne nous avons successivement effectuées constitue une méthode de préparation des éthers et des acides 5-alcoyl-3-méthyl-6-pyridazinone-5-carboniques et des alcoyl-méthylpyridazinones correspondantes, en même temps qu'elle permet de réaliser un passage indirect, mais plus particulièrement commode, de l'éther acétonylmalonique aux acides α-alcoyllévuliques.

L'hydrate d'hydrazine réagit sur l'éther acétonylmalonique en donnant simultanément naissance aux trois composés suivants dont les proportions respectives varient avec les conditions expérimentales :

1. Éther hydrazone-diacétonylmalonique

$$\begin{array}{l} N = C(CH^3).CH^2.CH(COOC^2H^5)^2 \\ | \\ N = C(CH^3).CH^2.CH(COOC^2H^5)^2 \end{array}$$

2. Hydrazide 3-méthyl-6-pyridazinone-5-carbonique

$$\begin{array}{l} CH^3.C\ .\ CH^2\ .\ CH.CO.NH.NH^2 \\ \quad\ \ |\qquad\qquad\quad | \\ \quad\ N - NH - CO \end{array}$$

3. Éther 3-méthyl-6-pyridazinone-5-carbonique

$$\begin{array}{l} CH^3.C\ .\ CH^2\ .\ CH.COOC^2H^5 \\ \quad\ \ |\qquad\qquad\quad | \\ \quad\ N - NH - CO \end{array}$$

1. *L'hydrazone diacétonylmalonique* (F. 43°) se forme comme produit accessoire au cours de la préparation de l'éther pyridazinonecarbonique, principalement en milieu éthéré. Nous n'en avons pas poursuivi l'étude.

2. *L'hydrazide 3-méthyl-6-pyridazinone-5-carbonique* s'obtient en faisant réagir 2^{mol} d'hydrate d'hydrazine sur 1^{mol} d'éther acétonylmalonique en milieu alcoolique à chaud et précipite de la solution par simple refroidissement (rendement 70 pour 100). Cette hydrazide prend également naissance en petite quantité au cours de la préparation de l'éther pyridazinonecarbonique lorsqu'on ne prend pas la précaution de refroidir suffisamment. On l'obtient sous forme d'un corps blanc (F. 153°) soluble dans l'eau, dans l'alcool bouillant, peu soluble dans l'alcool à froid, insoluble dans l'éther et le benzène.

3. *L'éther 3-méthyl-6-pyridazinone-5-carbonique* s'obtient par action à froid

de 1^mol d'hydrate d'hydrazine sur 1^mol d'éther acétonylmalonique dissous dans une petite quantité d'alcool absolu. En diluant par l'eau, l'éther acétonylmalonique et l'hydrazone diacétonylmalonique se précipitent et peuvent être éliminés par simple filtration. L'éther pyridazinone carbonique reste seul dissous et il suffit d'évaporer la solution hydro-alcoolique pour l'obtenir avec un rendement de 70 pour 100 sous forme de cristaux (F. 76°-77°) très solubles dans l'eau, dans l'alcool à froid, dans l'éther et le benzène à chaud.

4. *Éthers 5-alcoyl-3-méthyl-6-pyridazinone-5-carboniques.* — L'éther précédent fournit très facilement et quantitativement un dérivé sodé susceptible de se condenser avec les iodures alcooliques en conduisant aux éthers alcoylés en — 5 —. Nous avons ainsi préparé en particulier l'*éther 5-éthyl-3-méthyl-pyridazinone-5-carbonique* (F. 72°) que nous avons identifié avec l'éther obtenu par action de l'hydrate d'hydrazine sur l'éther éthylacétonylmalonique.

5. *Acides 5-alcoyl-3-méthylpyridazinone carboniques.* — Le noyau pyridazinonique étant peu stable vis-à-vis des agents d'hydrolyse à chaud, la saponification des éthers ne peut s'effectuer qu'à froid (Curtius) [1]. On dissout l'éther dans une solution de soude caustique à 10 pour 100; après un repos de 24 heures, on acidifie, évapore la solution à température ordinaire et extrait la masse cristalline à l'alcool à chaud.

L'acide 3-méthylpyridazinone carbonique lui-même est un composé cristallisé blanc (F. 130°), soluble dans l'eau, peu soluble dans l'alcool à froid, insoluble dans l'éther.

6. *5-Alcoyl-3-méthylpyridazinones.* — Les acides précédents perdent très facilement CO^2 lorsqu'on les chauffe à l'état solide ou en solution aqueuse, avec production des pyridazinones correspondantes.

En particulier nous avons identifié la *méthylpyridazinone* (F. 94°) préparée par cette méthode avec la pyridazinone obtenue directement à partir de l'acide lévulique.

7. *Acides α-alcoyllévuliques.* — Les alcoylméthylpyridazinones, les acides et les éthers pyridazinone carboniques, soumis à l'action de l'acide sulfurique ou chlorhydrique étendu à chaud, ouvrent leur chaîne en conduisant directement dans tous les cas aux acides α-alcoyllévuliques,

Le rendement total de la transformation indirecte : éther acétonylmalonique → éthers alcoylméthylpyridazinone carboniques → acides α-alcoyllévuliques est satisfaisant.

---

(1) *Lieb. Annal.*, t. 50, 1894, p. 525.

La méthode est plus sûre que le passage direct en raison des difficultés que l'on éprouve à séparer par distillation le mélange liquide des éthers alcoylacétonylmaloniques et de l'éther acétonylmalonique initial qui possèdent des points d'ébullition assez rapprochés, ou se décomposent au cours de la distillation.

La séparation des éthers méthylpyridazinone carboniques et alcoylméthylpyridazinone carboniques, composés solides et bien cristallisés, est au contraire extrêmement facile.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur la catalyse par le noir de platine.* Note de MM. **G. Vavon** et **A. Husson**, transmise par M. Haller.

Un échantillon de noir de platine, d'abord actif pour catalyser les hydrogénations, peut perdre peu à peu son activité. Or cette perte d'activité n'est pas également sensible pour les différents corps susceptibles d'être hydrogénés : soit un noir de platine capable d'hydrogéner les trois corps A, B et C; par une fatigue convenable on peut l'amener dans un état tel qu'il *ne peut plus hydrogéner* A, *mais hydrogène facilement* B *et* C; par une nouvelle fatigue, il n'hydrogénera plus ni A ni B mais hydrogénera encore C.

Cette notion a été indiquée autrefois par l'un de nous (1) dans un travail sur le limonène, le platine étudié ayant été rendu incapable d'hydrogéner la double liaison du noyau, tandis qu'il hydrogénait facilement la double liaison du chaînon isopropényle.

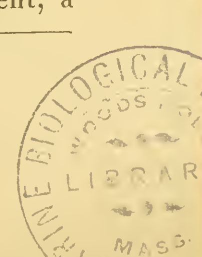
La présente Note a pour but d'apporter des faits nouveaux étayant cette observation ancienne.

La fatigue du platine peut être provoquée par différents procédés : emploi prolongé dans les opérations catalytiques, chauffage à température élevée, empoisonnement partiel par addition d'une substance convenable. Nous nous sommes adressés à ce dernier procédé en choisissant le sulfure de carbone comme poison.

Le mode opératoire consiste à agiter le corps à hydrogéner, mis en solution, en présence de platine dans une atmosphère d'hydrogène.

Si, au cours d'une expérience, on fait des additions successives de sulfure de carbone au liquide mis en œuvre, on constate *une diminution brusque* de la vitesse d'hydrogénation à chaque addition; cette diminution faible aux premières additions devient bientôt très importante et pratiquement, à

(1) G. Vavon, *Bull. Soc. Chimie*, 4e série, t. 15, 1914, p. 287.



partir d'un certain poids de sulfure de carbone, l'absorptiou ne se fait plus.

Voici à titre d'exemple une expérience faite sur $5^{g},5$ de nitrobenzène dissous dans 50^{cm^3} d'alcool en présence de $0^{g},2$ de platine :

Poids de CS^2 (en mg).	0	0,1	0,4	0,6	0,7	0,8	0,9
Temps en minutes pour fixer 25^{cm^3}.	1,5	2	6,5	21	36	85	non mesurable.
	1,5	2	...	....	....	....	
	...	...	...	....	....	....	

Pour chaque corps on obtient un poids limite de sulfure de carbone au-dessus duquel cesse l'hydrogénation. *Cette limite varie avec la nature du corps*, toutes choses égales d'ailleurs. Elle est indépendante du poids de corps et du volume de solvant, elle varie avec la nature du solvant, avec la qualité du platine et, à qualité constante, elle est proportionnelle au poids de platine employé (prélevé sur un même échantillon).

Nous avons obtenu comme limite (mêmes conditions que ci-dessus) $1^{mg},1$ pour le cyclohexène, $0^{mg},8$ pour le nitrobenzène, $0^{mg},5$ pour l'acide cinnamique, $0^{mg},4$ pour l'acétophénone.

De ces données il résulte que le platine ayant absorbé $0^{mg},4$ *de sulfure de carbone ne peut plus hydrogéner l'acétophénone, mais conserve ses vertus catalytiques vis-à-vis du cyclohexène.*

Nous avons pu vérifier ce fait par une expérience directe sur l'acétophénone et le cyclohexène et sur quelques autres corps. En voici deux exemples :

PREMIÈRE EXPÉRIENCE. — *Acétophénone-cyclohexène :*

5^{g} d'acétophénone dans 50^{cm^3} d'alcool en présence de $0^{g},2$ de platine fixent les 25^{cm^3} en 6-7, 5-9 minutes;

Addition de $0^{mg},4$ de CS^2 : arrêt de l'absorption;

Addition de 1^{g} de cyclohexène : l'absorption recommence, les 25^{cm^3} se fixent en 3,5-4, -4, 4 minutes.

DEUXIÈME EXPÉRIENCE. — *Propione-pipéronal-nitrobenzène :*

5^{g} de propione dans 50^{cm^3} d'acide acétique en présence de 3^{g} de platine, les 25^{cm^3} sont fixés en 3,5-4-4-4,5 minutes.

Addition de $2^{mg},3$ de CS^2 : arrêt de l'absorption.

Addition de 2^{g} de pipéronal : l'absorption reprend et les 25^{cm^3} sont fixés en 3-3-3,5-4 minutes.

Nouvelle addition de CS^2 ($1^{mg},4$) : arrêt de l'absorption.

Addition de 2^{g} de nitrobenzène : l'absorption reprend; les 25^{cm^3} sont fixés en 1,5-1,5-2-2 minutes.

Chaque corps exige donc bien pour s'hydrogéner un platine d'activité supérieure à un certain minimum, minimum variable d'un corps à l'autre.

Application au mécanisme de la catalyse. — Essayons d'interpréter les faits précédents dans l'hypothèse de la formation transitoire d'un hydrure de platine. Dans la dernière expérience, par exemple, le platine devra donner un hydrure dans ses trois états successifs, puisque dans les trois cas il peut hydrogéner le nitrobenzène; nous aurons trois hydrures différents : l'un capable de réagir sur la propione, l'acétophénone, le nitrobenzène; l'autre ne réagissant que sur les deux derniers corps à l'exclusion de la propione et enfin sur un troisième hydrure n'agissant que sur le nitrobenzène. D'autres expériences nous amèneraient à augmenter ce nombre 3. Il semble bien difficile d'admettre l'existence d'un aussi grand nombre d'hydrures. Si, d'autre part, on admet l'existence d'un seul hydrure, mais à propriétés variant d'une façon continue, on est amené, pour expliquer cette variation, à faire appel aux phénomènes de dissolution, d'adsorption, etc., c'est-à-dire de revenir aux interprétations dites « physiques ». L'hydrure devient alors un rouage superflu dans le mécanisme de la catalyse. Il nous semble plus simple d'interpréter les faits de la façon suivante : l'élément de surface du catalyseur adsorbe la molécule d'hydrogène en lui faisant subir une déformation, la molécule déformée est devenue active. Cette déformation est fonction non seulement de la nature et du rayon de courbure de l'élément de surface, mais aussi des corps déjà adsorbés par cet élément (oxygène, solvant, sulfure de carbone, etc.); certains de ces corps favorisent la déformation (cas de l'oxygène), d'autres la contrarient (cas de sulfure de carbone). L'hydrogène sera d'autant moins déformé, c'est-à-dire d'autant moins actif, que la quantité de sulfure de carbone absorbé sera plus grande. Supposons de plus que chaque corps pour s'hydrogéner exige un hydrogène d'une activité supérieure à une valeur minimum (variable d'un corps à l'autre) et nous aurons l'interprétation immédiate de tous les faits rapportés ci-dessus.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur la synthèse directe de l'urée à partir du gaz carbonique et de l'ammoniaque.* Note de M. **Kenneth C. Bailey**, transmise par M. Paul Sabatier.

On sait depuis longtemps ([1]) que l'urée et le cyanate d'ammonium se forment en petite quantité quand on fait passer de l'ammoniaque et du gaz carbonique dans un tube chauffé au rouge, et E.-A. Werner a suggéré

([1]) Mixter, *Amer. Chem. Journ.*, t. 4, 1882, p. 35.

récemment (¹) qu'en présence d'un catalyseur convenable le rendement pourrait être amélioré. A cette suggestion je dois l'idée d'essayer encore ce problème.

En soumettant les gaz chauffés à *un refroidissement brusque*, j'ai trouvé que le rendement en urée est notamment augmenté, et la réaction paraît être facilitée par la présence d'un catalyseur de déshydratation.

J'ai employé un tube de quartz de 40^{cm} de longueur, traversé par un tube de verre concentrique dans lequel circule un courant d'eau froide, et j'ai fait passer le gaz carbonique avec une vitesse de 4^{cm^3} à 5^{cm^3} par minute, avec un fort excès d'ammoniaque. J'ai trouvé qu'au rouge clair, après un seul passage, 14 pour 100 du gaz carbonique s'était converti en urée sans catalyseur, et en présence de la thorine, 19 pour 100. L'urée se déposait sur le tube froid.

Si l'on recueille, à la sortie du tube de quartz, le gaz carbonique dans un gazomètre rempli de l'acide sulfurique, et qu'on le fasse repasser plusieurs fois, on peut réaliser facilement un rendement de plus de 50 pour 100; il paraît très probable qu'avec un tube plus long ce rendement pourra être encore augmenté.

L'urée est toujours accompagnée d'une certaine proportion de cyanate d'ammonium, d'autant plus grande que la température est plus basse.

Au-dessous de 500°, sans catalyseur, on n'a pas de résultat; mais à 450°, à côté de l'alumine ou de la thorine, la réaction a lieu en petite quantité.

Les travaux de Basarow (²) et de Matignon et Fréjacques (³) ne nous permettent pas de supposer que l'urée se forme à partir du carbamate d'ammonium, puisque mes expériences ont toujours été faites sous la pression atmosphérique. La formation de cyanate d'ammonium empêche également d'interpréter la réaction comme une déshydratation de la forme

$$CO^2 + 2NH^3 = H^2O + CO\begin{cases}NH^2\\NH^2\end{cases}.$$

Mixter (⁴) croyait que, dans ses expériences, il y avait une déshydratation

$$CO^2 + NH^3 = H^2O + HOCN,$$

(¹) E.-A. Werner, *Journ. Chem. Soc.*, T. 1046, 1920.

(²) Basarow, *Zeitsch. für Chem.*, p. 206, 1868; *Bull. de la Soc. chim.*, t. 10, 1868, p. 250.

(³) Matignon et Fréjacques, *Comptes rendus*, t. 171, 1920, p. 1003; t. 174, 1922, p. 455; *Ann. Chim.*, t. 17, 1922, p. 257.

(⁴) Mixter, *loc. cit.*

et il me semble que la réaction s'explique le mieux par la théorie d'E.-A. Werner (¹), et qu'elle peut être exprimée ainsi :

Réaction primaire :

$$CO^2 + NH^3 = H^2O + (HOCN \rightleftharpoons HNCO);$$

Réactions secondaires :

(*a*) $HOCN + NH^3 = NH^4OCN$ (cyanate d'ammonium),

(*b*) $HNCO + NH^3 = HN : C\langle {}^{NH^3}_{O} \rangle$ (urée).

Je m'occupe de réaliser d'autres expériences pour préciser davantage les conditions de la réaction, l'effet des catalyseurs et le rendement qui peut être obtenu dans des conditions plus favorables.

GÉOLOGIE. — *Le Pliocène marin sur les côtes méditerranéennes d'Espagne.* Note (²) de MM. **M. Gignoux** et **P. Fallot**, transmise par M. Ch. Depéret.

L'un de nous a résumé, en 1913 (Gignoux, *Thèse,* Lyon), ce que l'on savait alors sur les dépôts du Pliocène marin du sud-est de l'Espagne; en 1921, nous sommes allés étudier ces formations sur place pour les comparer à celles bien connues du Pliocène italien et français. Nos observations ont porté sur la zone comprise entre Barcelone et Alméria. Les seuls niveaux que nous y ayons observés appartiennent au *Pliocène ancien* (faciès plaisancien et astien) à l'exclusion du Pliocène supérieur marin (Calabrien).

Répartition géographique. — Dans la province de Gérone le gisement de Vilacolum récemment étudié par Faura y Sans et ceux, classiques, de l'Ampurdan constituent un jalon entre le Pliocène du Roussillon et celui du Llobregat bien décrit par Almera. La mer pliocène devait ensuite former un petit golfe à l'*embouchure de l'Ebre* : à 5^{km} au sud-sud-est de Tortosa, sur la rive gauche du fleuve. les alluvions des terrasses quaternaires ravinent des argiles bleues et des grès jaunes qui reposent sur le Crétacé, et dont Faura y Sans fait du Pliocène (renseignement inédit); mais, en amont des gorges, vers Mora, ce terrain est sans doute à l'état de remblaiement continental.

Entre Tortosa et Carthagène nous n'avons plus observé de Pliocène

(¹) Werner, *Journ. Chem. Soc.*, T. 1010, 2275, 1913; T. 84, 622, 1918; T. 1046, 1920.

(²) Séance du 24 juillet 1922.

marin certain. Dans le *Bassin de Valence*, en effet, le massif de Besori (nord de Carlet), pliocène d'après les cartes, est formé de Crétacé ceinturé de Miocène [1]. Vers le Sud, les bassins tertiaires de *Montesa-Jàtiva* et *Albaida*, indiqués aussi en Pliocène, sont formés de Miocène bien caractérisé par des Pectinidés. Enfin, au *Sud d'Alicante*, à Agua Amarga [2] et dans les collines de Sta-Pola (régions marquées aussi en Pliocène sur la belle carte espagnole au $\frac{1}{1\,500\,000}$ de 1919), on observe des assises qui semblent faire suite en continuité au Miocène et être nettement plissées (Rojales) : la faune y comporte des éléments à cachet pliocène (*Pecten flabelliformis*), mais aussi d'autres à affinités miocènes (*P. aduncus*); de nouvelles études feront peut-être voir là du Sahélien.

Le massif bétique montre par contre du Pliocène typique (en général indiqué comme Miocène) entre Carthagène et Alméria. Le bassin de *Mazarron* comporte au centre, dans sa partie profonde, des marnes blanches à *Isis*, Crinoides, *Cidaris*, Polypiers isolés, Térébratulines, etc., et, sur ses bords, des dépôts de falaises à *Clypeaster*, *Pecten latissimus*, *Spondylus crassicosta*, grandes Huîtres, etc. Immédiatement au Sud-Ouest, le bassin de *Parazuelos* étale des formations de rivages à *Pecten rhegiensis*, *P. Bosniasckii*, *P. benedictus*, *P. scabrellus*. Les mêmes dépôts, discordants sur le Miocène, subsistent à l'état de lambeaux sur la côte, entre *Aguilas* et le vaste *bassin de Vera*, que nous avons étudié en compagnie de M. Louis Siret : la partie axiale est remplie d'argiles plaisanciennes (où Schrodt avait signalé de nombreux Foraminifères) à *Pecten cristatus*, *P. oblungus*, *Turritella subangulata*, *Pleurotoma dimidiata*, *P. rotata*, *Conus antediluvianus*, etc.; ses bords sont sertis de couches à Brachiopodes ou de conglomérats.

Les bassins de Mazarron et de Vera s'ouvrent largement au Nord, sur la grande *dépression Lorca-Totana* dont le sous-sol est couvert d'alluvions, mais où la mer pliocène a dû pénétrer, à en juger par les lambeaux d'argiles bleues à *Ostrea cochlear* de Purias (versant Nord de la Sierra de Aguadera) et du revers Sud de la Sierra de Tercia, entre Totana et Lorca.

Le *bassin d'Alméria* est plus étendu encore que les précédents, et comporte, dans la vallée du Rio de Alméria, un vaste golfe qui dépassait Gador et atteignait peut-être Canjayar (en Pliocène sur la feuille Grenade). On y note des marnes plaisanciennes à Foraminifères, *Pecten cristatus*, *P. oblungus*, *Ostrea cochlear*, *Terebratulina*, etc. A l'Est, ce bassin rejoignait peut-être celui de Vera par Tabernes et le Nord de la Sierra Alhamilla; en tout cas, des sables astiens à *Pecten scabrellus*, *P. jacobaeus*, *P. Bosniasckii*, *Terebratula ampulla* s'étendent au Sud de cette chaîne, entre elle et celle du Cap de Gata, jusqu'à 16^{km} à l'Est d'Alméria, et sans doute plus loin, vers Nijar et au delà.

---

(1) Des marnes bleues à *Amussium*, peu visibles près de Picasent, peuvent être tortoniennes aussi bien que pliocènes (?).

(2) Localité déjà étudiée par M. Jimenez de Cisneros.

Nous n'avons pas dépassé vers l'Ouest le lambeau pliocène du Sud de la Sierra de Gador, mais on connaît par la « Mission d'Andalousie » de beaux gisements de Pliocène marin le long de la côte vers *Malaga*.

Conclusions. — 1° Les dépôts paléontologiquement définis du Pliocène des régions étudiées par nous se rapportent tous au *Pliocène ancien* classique, le Calabrien nous y est inconnu.

2° Les *altitudes* maxima atteintes par les rivages de la mer pliocène, ordinairement comprises entre 250^{m} et 350^{m} (bassins de Mazarron et de Vera), paraissent s'élever vers l'intérieur et atteignent 495^{m} à Purias, près Lorca.

3° Nous ne connaissons de Pliocène marin certain, ni dans l'intervalle compris entre Carthagène (ou au moins Alicante) et Tortosa (ou Valence), ni aux Baléares, c'est-à-dire dans le domaine de la chaîne subbétique et de son avant-pays immédiat. Ce fait pourrait suggérer l'hypothèse d'une invasion plus récente de cette région par la mer. En tout état de cause, et pour autant que l'on puisse user d'arguments négatifs, cette zone paraît avoir eu une histoire différente de celle de la plupart des côtes méditerranéennes.

4° Il est intéressant, alors que M. Royo Gomez (¹) a décrit des *plissements* post-pontiens relativement très accentués dans la Sierra de Altomira, de constater que nulle part les dépôts marins du Pliocène inférieur de la côte mentionnés ici ne sont plissés. Ils se répartissent simplement en golfes ou en bassins qui s'harmonisent avec la topographie actuelle. On y observe, par contre, ainsi que nous l'avons constaté dans le bassin de Vera en compagnie de M. Siret, des *failles* sans doute en relations avec les centres *éruptifs* (²) alignés le long de la côte entre le cap de Gata et Carthagène, centres éruptifs dont l'activité nous paraît avoir commencé au Miocène (côte Vera-Aguilas) et qui ont certainement continué à fonctionner pendant et même après le Pliocène ancien.

BOTANIQUE. — *Remarques sur la formation des chloroplastes dans le bourgeon d'*Elodea canadensis. Note (³) de M. A. **Guilliermond**, transmise par M. Gaston Bonnier.

Il est démontré par nos recherches ainsi que par celles d'Emberger et de Mangenot qu'il existe dans la cellule des végétaux chlorophylliens deux

(¹) *Trab. Mus. Nac. de Ciencias natur.*, Madrid, 1920.

(²) Déjà étudiés par Osann.

(³) Séance du 24 juillet 1922.

catégories d'organites présentant tous les caractères des chondriosomes de la cellule animale et conservant leur individualité au cours du dévelop-



pement. L'une correspond aux plastes et est affectée à la photosynthèse, l'autre a une fonction qui n'a pas encore été précisée.

Nous avons déjà décrit ([1]), dans le bourgeon d'*Elodea canadensis*, la for-

([1]) *C. R. Soc. biol.* et *Comptes rendus*, 1921.

mation des chloroplastes à partir de chondriocontes, mais il ne nous avait pas été possible de distinguer dans le méristème les deux catégories de chondriosomes ([1]). Des coupes très minces, passant exactement suivant l'axe du bourgeon, nous ont permis depuis de distinguer dans les cellules du méristème les deux lignées de chondriosomes, et de suivre leur évolution pendant tout le développement.

Dans les cellules du méristème de la tige et dans les ébauches foliaires les plus jeunes (60^{μ} de longueur), on observe un chondriome tout à fait semblable à celui de beaucoup de cellules animales, constitué en partie par des chondriocontes très minces, onduleux et plus ou moins allongés, en partie par des mitochondries granuleuses (*fig.* 2 et 6). Ces éléments ont une épaisseur variant entre $0^{\mu},5$ et $0^{\mu},9$.

En suivant les ébauches foliaires de plus en plus développées, on peut observer avec la plus grande précision tous les stades de l'évolution du chondriome et constater que seuls les chondriocontes se différencient en chloroplastes. C'est à partir des ébauches foliaires de 160^{μ} environ de longueur que débute cette différenciation (région A de la figure 1) : elle se manifeste d'abord par un épaississement des chondriocontes (*fig.* 3 et 7). Dans les ébauches foliaires de 200^{μ} environ (région B), les chondriocontes forment sur leur trajet de petits renflements, qui se séparent peu à peu par rupture des parties effilées qui les réunissent (*fig.* 4, 8 et 9), grossissent et prennent l'aspect de gros chloroplastes de 3^{μ} environ (*fig.* 5, 10 et 11).

Pendant que cette différenciation se poursuit, les mitochondries granuleuses s'allongent d'abord en bâtonnets, puis dans les cellules adultes prennent d'ordinaire l'aspect de chondriocontes typiques (*fig.* 10 et 11).

Les mêmes processus s'observent dans la tige où la différenciation des chondriocontes commence, vers la région C de la figure 1, à une distance d'environ 500^{μ} de la pointe de la tige.

On voit donc que les deux catégories de chondriosomes présentent les mêmes formes ([2]) si on les considère dans l'ensemble du développement, mais que ces formes ne sont pas les mêmes pour les deux catégories au même

---

([1]) En général, il est rare dans les Phanérogames de pouvoir distinguer dans les méristèmes les deux catégories de chondriosomes, qui peuvent toutes deux affecter des formes semblables.

([2]) Nos observations ont été contrôlées sur le vivant : il est très facile de distinguer dans les cellules adultes, en dehors des chloroplastes, des chondriocontes typiques. Ajou-

stade du développement, ce qui permet de les distinguer dans les cellules les plus jeunes. Si l'on ajoute que ces deux catégories d'éléments se transmettent par division de cellules en cellules, montrant à tous les stades des figures très nettes de division, et qu'elles ont exactement les mêmes caractères microchimiques, on est bien obligé d'admettre que la cellule des végétaux chlorophylliens est caractérisée par deux lignées de chondriosomes dont l'une est affectée à la photosynthèse.

La présence de ces deux catégories de chondriosomes a obscurci pendant longtemps la question du chondriome de la cellule végétale et a donné lieu aux interprétations les plus opposées. Tandis que Meves qui n'a observé que le début de la différenciation des cellules, admet que seuls les chondriocontes qui se transforment en chloroplastes correspondent aux chondriosomes, et considère les mitochondries granuleuses comme de simples grains de métaplasme, Mottier au contraire assimile seulement les mitochondries granuleuses aux chondriosomes.

CHIMIE VÉGÉTALE. — *Sur la filtration des sucs végétaux.* Note de M. G. **André**, présentée par M. L. Maquenne.

La connaissance de la composition des sucs extraits par pression des organes végétaux m'a servi, il y a quelques années, à étudier la migration de certains principes immédiats pendant le développement de la plante [1]. Je me propose de montrer aujourd'hui que la filtration de ces sucs au travers d'une membrane de collodion peut renseigner sur la nature des substances qu'ils tiennent en dissolution. En effet, suivant la facilité avec laquelle tel élément contenu dans le suc filtrera au travers d'une pareille membrane, il sera possible de tirer quelques conclusions sur l'état soluble ou colloïdal des éléments qui entrent dans la composition de ces sucs.

I. Je me suis adressé d'abord aux tubercules de pommes de terre. La matière, broyée au moulin, est soumise à une pression énergique; on recueille le suc qui s'écoule, on le laisse reposer en présence de toluène pendant 24 heures, puis on le soumet à la centrifugation. Le liquide est alors divisé en trois parties. Dans la première (I), on dose sur un volume connu

tons qu'il convient de se méfier des fixateurs renfermant de l'acide osmique qui, par suite de la lenteur de leur pénétration dans les tissus, amènent souvent des altérations des chondriosomes (transformation des chondriocontes en vésicules rondes).

(1) *Comptes rendus*, t. 142, 1906, p. 106, 226, 902.

l'azote total, puis le phosphore total en évaporant le liquide que l'on oxyde ultérieurement par l'acide nitrique fumant additionné de nitrate de potassium. On dose également le phosphore, que l'on pourrait appeler *minéral*, en versant de la mixture magnésienne dans un volume connu du liquide primitif. Le précipité de phosphate ammoniaco-magnésien qui se dépose alors provient vraisemblablement des seuls phosphates minéraux dissous dans le suc. La seconde partie du liquide primitif (II) est filtrée sur bougie poreuse à l'aide du vide; on procède ensuite aux mêmes dosages que plus haut. La troisième partie (III) est filtrée sur bougie poreuse préalablement enduite à l'intérieur d'une couche de collodion. Il est nécessaire, pour compléter ces données, d'examiner le point suivant. On sait que le suc de pommes de terre se coagule facilement par la chaleur. Le suc qui a traversé une bougie poreuse devient seulement opalescent dans ces conditions, celui qui a traversé le collodion restant, en général, limpide. Il convient donc de chercher quelles sont les quantités d'azote et de phosphore qui, après coagulation d'un volume connu du suc primitif, se trouvent dans le liquide que la chaleur n'a pas coagulé, puis de comparer les chiffres obtenus avec ceux que fournit le dosage des mêmes éléments dans le suc qui a traversé le collodion.

Le Tableau ci-dessous donne les résultats de l'analyse de ces quatre parties faite sur un suc de pommes de terre à la date du 15 novembre 1921; les chiffres se rapportent à 100^{cm^3} de liquide.

	I. Suc primitif.	II. Suc filtré à la bougie.	III. Suc filtré sur collodion.	IV. Suc traité par la chaleur (partie non coagulée).
	g	g	g	g
Phosphore total....	0,044	0,047	0,019	0,033
Phosphore minéral.	0,027	0,032	0,018	»
Azote total........	0,385	0,342	0,167	0,171
$\frac{\text{P minéral}}{\text{P total}}$	0,61	0,68	0,94	»
$\frac{\text{P total}}{\text{N total}}$	0,11	0,13	0,11	0,19

II. Le suc primitif centrifugé ne change pas notablement de composition lorsqu'il a traversé la bougie seule. Au contraire, en ce qui concerne le suc ayant traversé la bougie enduite de collodion, on remarque que le rapport $\frac{\text{P minéral}}{\text{P total}}$ se rapproche beaucoup de l'unité. On en peut conclure que la

presque totalité du phosphore s'y rencontre sous une forme très diffusible, voisine de celle d'un phosphate alcalin. Étant donnée la différence considérable entre les concentrations en azote et phosphore que présentent le suc primitif et le suc filtré sur collodion, il faut admettre que la membrane a arrêté une notable quantité d'azote et de phosphore, peu diffusibles, qui avaient échappé à la bougie seule. L'azote retenu par le collodion doit figurer dans le suc primitif sous forme d'albuminoïdes ou d'acides aminés à poids moléculaire très élevé. Il est évident que l'épaisseur de la membrane aura une influence sur la rapidité avec laquelle cette membrane livrera passage au liquide et, surtout, sur la nature des substances qui sont susceptibles de la traverser.

III. Si l'on compare maintenant les chiffres des expériences III et IV (suc filtré sur collodion, suc traité par la chaleur), on remarque que le taux de l'azote, dans la portion qui n'a pas été coagulée, est du même ordre de grandeur que celui que le collodion a laissé filtrer. En effet, 44 pour 100 de l'azote total se trouvent dans le liquide séparé du coagulum $\left(\frac{0,171}{0,385}\right)$; or, la membrane de collodion a laissé passer 43 pour 100 de l'azote total $\left(\frac{0,167}{0,385}\right)$. Les résultats sont différents pour le phosphore : car une proportion de 75 pour 100 du phosphore total se rencontre dans le liquide chauffé $\left(\frac{0,033}{0,044}\right)$, tandis que la membrane de collodion n'a laissé filtrer que 43 pour 100 du phosphore total $\left(\frac{0,019}{0,044}\right)$. Il est bon de noter que le rapport $\frac{\text{P total}}{\text{N total}}$ n'est pas modifié par suite du passage du suc au travers de la membrane de collodion, alors que ce rapport est plus grand dans le cas du liquide chauffé. Des résultats analogues ont été trouvés sur d'autres échantillons; je reviendrai sur ce point dans la suite.

Le rapport entre le phosphore qui n'a pas coagulé par la chaleur et le phosphore qui traverse la membrane de collodion est assez variable. Il est des cas où la fraction du phosphore qui traverse le collodion se rapproche sensiblement, sans l'atteindre cependant, de celle du phosphore dissous dans le liquide après coagulation. Parfois on ne rencontre que des traces de phosphore dans le coagulum.

Il existe donc d'assez grandes variations quant à la composition des sucs de pommes de terre, c'est-à-dire quant à la nature des matières azotées et phosphorées qui entrent, à un moment donné, dans la structure des tubercules.

En résumé, il ressort des faits exposés que le passage du suc au travers

d'une membrane de collodion appauvrit notablement ce liquide en azote et phosphore en arrêtant les molécules les plus grosses. D'ailleurs une température de 100° produit un effet analogue en ce qui concerne l'azote; mais il convient de faire des réserves sur la façon dont se comporte le phosphore à cet égard.

PHYSIOLOGIE. — *Sur l'importance du zinc dans l'alimentation des animaux. Expériences sur la souris.* Note [1] de MM. **Gabriel Bertrand** et **B. Benzon**, présentée par M. Roux.

Quand on examine les variations de la teneur en zinc des jeunes animaux, parallèlement à leur teneur en fer, on est conduit à supposer que le zinc joue un rôle dans les échanges nutritifs et le développement général de l'individu [2]. Nous avons essayé de mettre directement ce rôle en évidence. Malgré les difficultés de l'entreprise, nous avons été assez heureux pour réussir en opérant sur la souris.

Nos expériences ont consisté à comparer deux lots de souris d'une même portée, nourries comparativement avec des aliments débarrassés de zinc et avec les mêmes aliments additionnés d'une quantité connue et très petite de ce métal. Si l'on se rappelle qu'une souris adulte ne renferme pas plus de quelques dixièmes de milligramme de zinc, dont un dixième est déjà apporté à la naissance [3], on comprend que la première difficulté à résoudre a été de préparer des aliments assez purs pour ne pas fournir de zinc au lot carencé pendant la durée d'une expérience.

Une telle purification a entraîné comme conséquence la soustraction de ces facteurs alimentaires, de nature inconnue, que l'on désigne de différentes manières et, notamment, sous le nom de vitamines. Or il n'était pas possible d'ajouter certains de ces facteurs aux aliments purifiés, par exemple le facteur B sous la forme d'extrait de levure, sans introduire en même temps un peu de zinc. Nous avons donc dû nous résoudre à soumettre les animaux à un régime particulièrement carencé, avec tous les risques de terminaison fatale qu'il comporte. Malgré cette nouvelle difficulté, le but que nous poursuivions a pu être largement atteint.

Les souris mises en expériences ont été séparées de leur mère au moment

(1) Séance du 24 juillet 1922.

(2) Gabriel Bertrand et R. Vladesco, *Comptes rendus*, t. 173, 1921, p. 54.

(3) Gabriel Bertrand et R. Vladesco, *Comptes rendus*, t. 172, 1921, p. 768.

du sevrage, c'est-à-dire à l'âge d'environ trois semaines. On les a placées isolément, non point dans des cages, mais dans des bocaux munis d'un couvercle de verre, ce couvercle étant perforé pour les besoins de la respiration. Chaque bocal était garni d'un fond de papier et d'un lit de coton, l'un et l'autre exempts de zinc. En outre, une sorte de pipette, passant à travers le couvercle, fournissait de l'eau pure à la souris pour étancher sa soif. Comme aliment, les animaux ont reçu, par portions renouvelées et à discrétion de petits pains préparés avec un mélange de matières organiques et minérales purifiées avec le plus grand soin (¹) et dont voici la composition :

Fécule de pomme de terre	73g »	Sulfate de magnésium	0g,250
Caséine	13 »	Alun ferricoammonique	0,020
Cellulose	5 »	Alun aluminopotassique	0,004
Lactose	2,50	Fluorure de sodium	0,004
Beurre de coco	2,50	Sulfate de cuivre	0,002
Lactate de calcium ($+ 5H^2O$)..	2,60	Sulfate de manganèse	0,002
Phosphate monopotassique	0,30	Iodure de potassium	0,0005
Phosphate bisodique cristallisé.	0,75	Bromure de potassium	0,0005
Chlorure de calcium anhydre ..	0,10		

A ce mélange on avait ajouté, pour l'un des lots, 0g,010 de sulfate de zinc cristallisé, ce qui correspondait, à 2mg de zinc pour 100g de petits pains terminés, à 10 pour 100 d'eau.

Nous avons expérimenté sur 23 souris, provenant de cinq portées. Une de ces souris est morte après 2 jours sans avoir pris de nourriture; une autre, atteinte d'acariose, a été supprimée par prudence; une troisième, enfin, a présenté un caractère si exceptionnel que nous reviendrons plus tard à son sujet. Il est donc resté 20 souris, divisées en cinq séries, d'après les portées. Nous résumons en un Tableau les résultats obtenus.

Série A. — Débutant le 5 avril, avec des souris grises nées le 10 mars :

	Poids des souris au début.	Poids des souris à la mort.	Aliment consommé.	Survie.
	g	g	g	
Sans zinc, n° 1 (femelle).........	9,35	7,50	24,60	14 jours
» n° 2 (mâle)...........	9,00	8,00	9,75	5 »
Avec zinc, n° 3 (mâle)...........	10,55	6,25	33,80	20 »
» n° 4 (femelle).........	9,05	6,90	35,20	21 »

(¹) Les procédés de purification et les autres détails seront décrits dans un Mémoire.

Série B. — Débutant le 18 avril, avec des souris blanches nées le 24 mars :

	Poids des souris			
	au début.	à la mort.	Aliment consommé.	Survie.
	g	g	g	
Sans zinc, n° 6 (mâle)	6,50	6,20	30,00	17 jours
» n° 7 (mâle)	6,00	5,50	29,65	15 »
Avec zinc, n° 8 (femelle)	6,50	5,35	32,50	22 »
» n° 10 (mâle)	6,50	5,70	34,65	24 »

Série C. — Débutant le 13 mai, avec des souris blanches d'un autre élevage nées le 20 avril :

	Poids des souris			
	au début.	à la mort.	Aliment consommé.	Survie.
	g	g	g	
Sans zinc, n° 11 (sexe ind.)	5,75	4,30	4,00	9 jours
» n° 12 (mâle)	6,50	3,75	12,20	19 »
» n° 13 (femelle)	7,00	4,45	12,00	18 »
Avec zinc, n° 14 (mâle)	7,20	5,00	19,90	24 »
» n° 15 (femelle)	6,40	4,70	17,90	26 »

Série D. — Débutant le 23 mars, avec des souris blanches du dernier élevage nées le 2 mai :

	Poids des souris			
	au début.	à la mort.	Aliment consommé.	Survie.
	g	g	g	
Sans zinc, n° 17 (mâle)	5,90	4,70	20,10	26 jours
Avec zinc, n° 18 (mâle)	6,40	4,80	28,05	34 »
» n° 19 (mâle)	5,90	4,60	21,50	36 »

Série E. — Débutant le 23 mai, avec des souris blanches du dernier élevage nées le 2 mai :

	Poids des souris			
	au début.	à la mort.	Aliment consommé.	Survie.
	g	g	g	
Sans zinc, n° 20 (femelle)	6,00	4,40	14,40	23 jours
» n° 21 (femelle)	6,50	4,70	17,40	21 »
Avec zinc, n° 22 (femelle)	6,05	4,60	19,80	27 »
» n° 23 (mâle)	6,00	4,70	17,65	25 »

Ainsi, dans chaque série, les animaux qui ont trouvé du zinc dans leur alimentation ont vécu plus longtemps que ceux qui n'en ont pas trouvé.

L'importance du métal a été telle qu'un dizième et demi à trois dixièmes de milligramme, ingérés pendant la durée totale de l'expérience, ont suffi à prolonger cette durée de 25 à 50 pour 100. Il semble bien que si d'autres facteurs de croissance n'avaient pas fait défaut, ces résultats auraient encore été dépassés.

MÉDECINE VÉTÉRINAIRE. — *Sur la contagiosité de la fièvre aphteuse.* Note de MM. **H. Vallée** et **H. Carré**, présentée par M. Roux.

Dans une récente Note ([1]) M. Lebailly indiquait que la propagation de la fièvre aphteuse « se fait par les animaux malades aux seules périodes d'incubation et d'invasion et pendant un temps très court », tandis que les sujets porteurs d'aphtes rupturés depuis quatre jours sont incapables de transmettre la maladie.

Nous avons observé de notre côté des faits qui confirment, en ce qu'elles ont d'essentiel, les constatations de notre collègue.

De toute évidence, la transmission de la fièvre aphteuse s'opère particulièrement bien aux tout premiers stades de l'infection. C'est qu'à ce moment les urines du malade sont déjà virulentes, ainsi que nous l'avons constaté expérimentalement, avant l'apparition des premiers signes cliniques.

Des veaux de lait, laissés à leur nourrice inoculée de fièvre aphteuse, contractent la maladie et en meurent, de façon courante de 24 à 36 heures seulement après l'apparition de l'hyperthermie initiale chez leur mère, en même temps que s'opère chez celle-ci la sortie des aphtes ou leur rupture. On ne peut douter ainsi que l'infection du jeune sujet remonte à une époque antérieure à l'apparition, chez sa mère, des premières manifestations morbides.

De même, si l'on place côte à côte, en contact permanent, deux bovins, l'un sensible à l'infection, l'autre en incubation de la maladie, la contagion naturelle qui s'opère chez le premier de ces sujets, apparaît si soudaine qu'on ne peut douter qu'elle remonte à la toute première période de l'infection enregistrée chez le second. L'évolution est même parfois si rapide qu'il devient évident que, chez le sujet en puissance de fièvre aphteuse, l'excrétion virulente précède l'apparition de l'hyperthermie initiale.

C'est ainsi que si l'on inocule du virus aphteux à un bovin sensible placé au contact d'un congénère, lui aussi réceptif, et que l'on sépare de son voisin le sujet inoculé dès que survient chez lui une ébauche de réaction thermique, on observe malgré tout l'infection du témoin de cohabitation.

Par opposition à ces constatations, nous avons relevé, comme M. Lebailly,

([1]) *Comptes rendus*, t. 174, 1922, p. 1580.

la disparition hâtive de la virulence dans la salive des animaux infectés et l'épuration rapide des étables et fumiers contaminés, sans le secours de la désinfection. C'est impunément même que l'on peut faire vivre, en contact permanent, en un local non nettoyé et non désinfecté, un sujet sensible et un malade porteur d'aphtes de la bouche au quatrième jour de leur évolution.

Mais ces derniers faits ne sont point aussi surprenants qu'on pourrait le croire. Il y a plus de vingt ans déjà Hecker ([1]) écrivait : « Nous avons constaté que, *deux* jours après la rupture des aphtes, la salive perd toute efficacité contagifère, à moins qu'elle ne contienne des lambeaux épithéliaux. »

Leclainche de son côté indique que 60 bovins, reconnus ensuite sensibles à l'infection, ne s'infectent point malgré une tentative d'aphtisation avec des exsudats recueillis dans la bouche de malades portant des aphtes en voie de cicatrisation ([2]).

Partout observés, ces faits conduisent Hutyra et Marek à préconiser, dans leur Traité de Pathologie, pour la pratique de l'aphtisation, l'emploi de la seule salive des animaux « dans la bouche desquels se trouvent encore des vésicules, puisque c'est seulement leur contenu qui rend la salive infectieuse, alors qu'au stade de guérison des érosions elle ne l'est plus qu'irrégulièrement » ([3]).

De même, l'épuration spontanée et rapide des fumiers est un fait avancé déjà par Hecker (1899), par Löffler (1914) et dont nous tirons bénéfice à notre laboratoire où depuis de longues années nous avons cessé de les désinfecter.

Un tel ensemble de constatations rassurantes ne saurait toutefois laisser oublier que nombre de sujets aphteux demeurent dangereux longtemps après leur guérison apparente.

Bartolucci, Löffler, Bang, Lindqvist, ont rapporté d'indiscutables cas de transmission de la maladie par des animaux guéris depuis plusieurs semaines ou plusieurs mois.

Il apparaît bien ici que la conservation du virus s'opère dans des fissures de l'ongle des malades ou dans ces lésions sous-ongulées sur lesquelles Zschokke et Hess ont appelé l'attention. A leur niveau, ainsi que l'établissent les démonstrations expérimentales de Böhm et celles de De Blieck, le virus peut survivre de trois semaines à huit mois.

Nous estimons donc que, si les constatations de M. Lebailly et les nôtres plaident en faveur de toutes mesures propres à prévenir la propagation de la fièvre aphteuse par le malade à la toute première période du danger

---

([1]) Hecker, *Travaux du VIIe Congrès international de Médecine vétérinaire*, t. 2, 1899, p. 356.

([2]) *Revue générale de Médecine vétérinaire*, 1915, p. 201.

([3]) Hutyra et Marek, *Traité de Pathologie spéciale*, 5e édition, t. 1, 1920, p. 367.

(séquestration des effectifs, quarantaine, etc.), il ne convient point de modifier ces dispositions — universellement admises — des législations sanitaires qui, à l'exemple de la nôtre, ne rendent à la libre pratique les animaux affectés de fièvre aphteuse que quinze jours après leur guérison.

MÉDECINE. — *Double chronaxie et double point moteur dans certains muscles de l'homme.* Note [1] de M. **Georges Bourguignon**, transmise par M. d'Arsonval.

Au cours de mes recherches sur la chronaxie de l'homme, il m'est arrivé quelquefois de trouver, pour les extenseurs de la main et des doigts chez des sujets normaux une chronaxie de $0^s,00024$ à $0^s,00036$, plus petite que celle que je considérais comme caractéristique de ces muscles ($0^s,00044$ à $0^s,00072$).

J'ai cru d'abord à des erreurs d'expérience. Mais quand j'ai vu que c'était toujours l'une ou l'autre de ces chronaxies que je trouvais, et jamais une autre, j'ai pensé qu'il y avait une particularité à expliquer. Les valeurs de $0^s,00024$ à $0^s,00036$ correspondent d'ailleurs à celles que Strohl a données avec l'égersimètre.

Après avoir imaginé, pour expliquer ces faits, différentes hypothèses que l'expérience n'a pas vérifiées, je me suis demandé si une mauvaise position de l'électrode, par rapport au point moteur du muscle, pouvait être une cause d'erreur systématique. J'ai donc commencé par vérifier très exactement la situation des points moteurs des extenseurs, en explorant tout le muscle sans m'inquiéter des descriptions classiques. Or, en faisant cette exploration minutieuse sur un extenseur quelconque, avec un courant d'intensité convenable, soit courant galvanique, soit décharge de condensateurs, soit courant induit, en allant de l'insertion supérieure du muscle vers son tendon, ou vice versa, j'ai trouvé deux zones où la contraction se produit; entre les deux on trouve une zone où l'excitation est inefficace : il y a donc deux points moteurs, un point moteur supérieur et un point moteur inférieur, séparés l'un de l'autre par une distance de 2^{cm} à 4^{cm} environ. Pour quelques-uns de ces muscles, l'extenseur propre de l'index en particulier, Erb a figuré, dans ses Tableaux, les deux points moteurs.

Pour un courant de même intensité, la contraction est plus forte au point

---

[1] Séance du 24 juillet 1922.

moteur inférieur qu'au point moteur supérieur. On comprend qu'en explorant de bas en haut, avec un courant trop faible, on ne découvre que le point inférieur, tandis qu'en explorant de haut en bas, avec un courant plus fort, on s'arrête au point supérieur.

La contraction produite par l'excitation au point moteur inférieur est, en outre, plus vive que celle qu'on obtient en excitant le point moteur supérieur.

La chronaxie, mesurée successivement au niveau de ces deux points, est de $0^s,00044$ *à* $0^s,00072$ *au point moteur supérieur, et de* $0^s,00024$ *à* $0^s,00036$ *au point moteur inférieur.*

La première, la seule que j'aie trouvée dans mes travaux antérieurs, *est le double de celle des fléchisseurs.*

La deuxième est *égale à celle des fléchisseurs.*

La rhéobase (seuil galvanique) est plus petite au point moteur inférieur (1 milliampère à 1,5 milliampère dans les conditions de mes expériences) qu'au point moteur supérieur (2 milliampères à 3 milliampères). A l'état normal, d'ailleurs, j'ai remarqué que, en général, les petites chronaxies correspondent à de petites rhéobases.

Jusqu'ici je n'ai pas réussi à mettre en évidence deux chronaxies par excitation du nerf radial qui donne toujours la chronaxie la plus grande.

A l'avant-bras, il n'y a deux chronaxies que dans les extenseurs, sauf les radiaux.

A la jambe, j'ai trouvé deux chronaxies et deux points moteurs dans le jambier antérieur : l'une ($0^s,00012$ à $0^s,00020$) est du même ordre de grandeur que celle des muscles antérieurs de la cuisse; l'autre ($0^s,00028$ à $0^s,00036$) est égale à celle du reste du domaine du nerf sciatique poplité externe.

Je n'ai pas encore étudié le bras et l'épaule, ni la cuisse.

Je poursuis actuellement des recherches anatomiques, pour savoir si les deux points moteurs correspondent à deux branches nerveuses nettement séparées ou non à leur entrée dans le muscle.

Quel que soit le résultat que donneront ces recherches anatomiques en cours, le phénomène physiologique est net. Quelle est sa signification?

La coïncidence de deux points moteurs avec deux chronaxies différentes, et deux contractions de rapidité différente, dans certains muscles, entraîne l'idée que ces muscles sont constitués de deux sortes de fibres de rapidité différente. Il est logique de supposer que ces deux sortes de fibres correspondent à deux fonctions.

J'ai démontré que la chronaxie classe les muscles en groupes fonctionnels et que tous les muscles qui, dans un même segment, concourent synergiquement au même mouvement, ont la même chronaxie [1]. Il en résulte que, à l'avant-bras, la chronaxie sépare les extenseurs proprement dits, qui ont une chronaxie double de celle des fléchisseurs, des synergiques de la flexion (radiaux) qui ont une chronaxie égale à celle des fléchisseurs.

On peut donc supposer que la même distinction s'établit au sein d'un même muscle extenseur, entre ses fibres. Les fibres de chronaxie double de celle des fléchisseurs doivent avoir la fonction d'extension proprement dite; les fibres de même chronaxie que les fléchisseurs doivent jouer le rôle de frein pendant la flexion, comme l'a dit Duchenne de Boulogne, et sont, par conséquent, synergiques des fléchisseurs.

Peut-être faudra-t-il rapprocher les faits que j'étudie, de la double contraction que vient de décrire Pachon, dans certains muscles, au moyen de la méthode graphique.

De mes expériences, on peut donc conclure :

1° Tous les extenseurs à l'avant-bras sauf les radiaux, et le jambier antérieur à la jambe, ont deux points moteurs, avec deux chronaxies et deux contractions de rapidité différente;

2° La chronaxie la plus petite correspond à la contraction la plus rapide. La double chronaxie paraît répondre à une double fonction ;

3° La loi de l'égalité de la chronaxie des muscles synergiques reste vraie, en l'appliquant aux fibres musculaires et non au muscle en totalité, lorsqu'il s'agit des muscles qui ont deux chronaxies.

La séance est levée à 16 heures.

É. P.

---

(1) On trouvera une étude d'ensemble et toute la bibliographie de mes travaux antérieurs dans le *Bulletin de la Société française d'Électrothérapie* de janvier 1922.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 7 AOUT 1922.

PRÉSIDENCE DE M. G. BIGOURDAN.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Président** annonce à l'Académie qu'en raison du caractère férié attribué cette année au lundi 14 août, la prochaine séance hebdomadaire aura lieu le mercredi 16.

M. le **Président** souhaite la bienvenue à M. **Vernadsky**, Membre de l'Académie de Pétrograd, qui assiste à la séance.

ASTRONOMIE. — *Sur un nouvel instrument des passages récemment installé à l'Observatoire de Paris.* Note de M. **B. Baillaud.**

Le 17 mars 1916 j'ai eu l'honneur d'adresser à l'Académie une demande approuvée par le Conseil de l'Observatoire tendant à obtenir en trois annuités une subvention de 45000^{fr} sur le fonds Loutreuil, pour des recherches tendant à améliorer la connaissance de l'Heure.

Dans le rapport à l'appui de cette demande j'écrivais : « Il nous faut d'abord améliorer nos instruments astronomiques. Le plus nécessaire est l'établissement d'un instrument des passages au méridien, de puissance, de rigidité et de stabilité suffisantes, pourvu au moins d'une double série d'accessoires permettant d'en déterminer les constantes, en ne laissant subsister aucune cause appréciable d'erreurs systématiques. »

A la suite de cette demande, l'Académie m'alloua une première indemnité de 15000^{fr} qui me fut remise en mars 1917.

Le 18 janvier 1919 je demandai une seconde subvention de 15000^{fr} que je réduisis, par une lettre du 31 mars, à 7500^{fr} qui me furent accordés. Le nouvel instrument des passages fut commandé à M. Édouard Bouty qui, sur ma demande et avec moi, y réfléchissait depuis plusieurs années et s'entoura des avis de MM. Boquet et Simonin, astronomes titulaires.

Cet instrument fut installé au début de 1922 dans le pavillon des Longitudes de l'Observatoire, dont les piliers furent remaniés comme il convenait pour le recevoir. Son étude fut confiée à M. Simonin, chef du service des Longitudes, qui devait la poursuivre avec M. Lambert, astronome-adjoint. Un concours imprévu de circonstances me conduisit à adjoindre à ces deux astronomes, Mme Chandon, aide-astronome qui demeura chargée des observations et fut associée au chef de service dans la discussion. C'est à peu près à elle que sont dus tous les résultats numériques, rassemblés à la fin de la présente Note. Je tiens d'abord à la remercier et à remercier MM. Simonin et Lambert pour le zèle et l'intelligence qu'ils ont apportés dans l'étude de l'instrument et dans sa comparaison à nos instruments antérieurs. Je dois adresser mes meilleures félicitations à M. Édouard Bouty pour l'acharnement qu'il a apporté à l'étude et à la construction de l'instrument, et notre bien sincère reconnaissance pour le désintéressement dont, au milieu de très grandes difficultés, il a fait preuve pendant plus de six ans.

Les 22500^{fr} que m'a remis l'Académie ont été employés à payer : 1° trois objectifs de 0^{m},108 d'ouverture construits par M. Viennet, astronome-adjoint à l'Observatoire, et destinés l'un à l'instrument lui-même, les autres à deux collimateurs; 2° de patientes recherches bibliographiques, relatives à la détermination de l'Heure faites par M. Jekhowski, un de nos stagiaires russes d'avant la guerre; 3° une partie des dépenses faites par M. Bouty. Un prélèvement de même importance sur les fonds de l'ancien Bureau International de l'Heure, a été récemment remis à ce constructeur.

Voici une description rapide de l'instrument de passage d'Édouard Bouty.

L'objectif a 0^{m},102 d'ouverture libre; la distance focale est de 1^{m},228; le grossissement est de 60; cet objectif dû à M. Viennet est excellent.

Le micromètre comporte deux chariots actionnés par deux vis identiques filetées sur la même tige, l'une à pas à droite, l'autre à pas à gauche, de telle sorte que les deux chariots se déplacent en sens inverses et que les fils mobiles qu'ils portent se croisent sur l'axe de l'instrument. On se sert alternativement d'un chariot et de l'autre dans les deux positions de l'instrument, de telle façon que les observations se font toujours en vissant. L'image

d'une étoile pointée par le fil du chariot A se retrouve après le retournement sous le fil du chariot B.

Tours de vis. — Pour déterminer les valeurs des tours des deux vis micrométriques, on a fait des observations sur des étoiles de déclinaisons diverses. On a trouvé comme moyenne pour chaque vis $5^s, 592$. Cette étude des pas de vis sera poursuivie.

Méthode d'observation. — Les observations sont faites avec retournement sur chaque étoile et changement de chariot; de cette façon le temps perdu des vis est supprimé.

Quelques observations spéciales faites sans retournement, avec changement de chariot, ont permis de mesurer le temps perdu des vis micrométriques, qui est égal à $0^s,10$ séc δ.

L'appareil de retournement est tout à fait commode et rapide malgré le poids de l'instrument.

Collimation. — Les collimations des deux fils qui servent aux observations sont déterminées au cours de chaque soirée par retournement sur la mire. Des collimateurs nord et sud seront installés dans la salle même dès que les ressources le permettront.

Inclinaison. — L'inclinaison de l'axe de rotation est obtenue au moyen du niveau et par des pointés nadiraux.

Inégalité des tourillons. — Cette inégalité a été étudiée. Les tourillons sont parfaitement ronds, il y a entre eux une légère inégalité que l'on pourra faire disparaître.

Niveau. — On a utilisé successivement deux fioles de niveau qui ont été étudiées à l'aide du comparateur. On a trouvé respectivement pour la valeur d'une partie : $0^s,066$ (première fiole) et $0^s,045$ (deuxième fiole).

Bain de mercure. — Le bain de mercure utilisé est celui de l'instrument photographique des hauteurs égales de M. René Baillaud.

La cuvette contenant le mercure formant miroir flotte sur un bain de mercure, ce qui amortit rapidement les oscillations. Malgré l'épaisseur de la couche de mercure et les trépidations du sol parisien, on obtient de bonnes images des fils.

Moteur. — Le fonctionnement du moteur électrique qui entraîne le micromètre est très régulier. Les changements de vitesse de la vis pour l'observation d'étoiles voisines du pôle s'obtiennent par des déplacements de trains d'engrenage dont les commandes sont d'un maniement rapide; pour l'observation des autres étoiles, les changements de vitesses se font au moyen d'un rhéostat.

Chronographe. — A l'instrument est associé un chronographe à deux plumes, laissé à l'Observatoire en août 1914 par la mission russe pour la longitude Paris-Poulkowo.

Résultats obtenus. — Le Tableau ci-dessous contient les corrections C_p de la pendule directrice déterminées à l'instrument des passages de Bouty. On a donné le poids $\frac{1}{2}$ aux corrections déduites des séries d'observations ne comprenant pas plus d'une circompolaire. La quatrième colonne contient le centième de seconde de temps des C_p fournis par les diverses étoiles non circompolaires d'une même série. La moyenne de ces C_p est inscrite dans la deuxième colonne. La moyenne générale des valeurs absolues des écarts entre les C_p des étoiles d'une même série et leur moyenne est $0^s,02$.

Dates. 1922.	C_p moyen et temps sidéral.	Poids.	Centièmes de seconde des C_p fournis par chaque étoile.	$n_s - n_i$.	
Mars 17....	$-2^s,58$ à $9^h,2$	$\frac{1}{2}$	57; 62; 58; 56; 55	»	2
Avril 6....	$-4,63$ à $9,9$	$\frac{1}{2}$	59; 65; 64	»	3
14....	$-5,30$ à $9,7$	$\frac{1}{2}$	26; 33	»	3
20....	$-5,86$ à $11,0$	$\frac{1}{2}$	87; 88; 84	»	2
28....	$-6,72$ à $10,9$	»	69; 70; 76	$-0^s,018$	3
Mai 2....	$-7,11$ à $11,9$	»	08; 07; 14; 13	$-$ 28	3
5....	$-7,44$ à $11,8$	»	41; 43; 47	$+$ 37	2
8....	$-7,66$ à $11,7$	»	68; 67; 69; 61	$+$ 16	3
16....	$-8,45$ à $12,4$	»	49; 43; 42; 47	$+$ 54	3
19....	$-8,88$ à $12,3$	$\frac{1}{2}$	89; 85; 88; 89	»	1
23....	$-9,27$ à $13,1$	$\frac{1}{2}$	32; 29; 27; 19	»	4
Juin 23....	$-12,33$ à $15,5$	»	34; 33; 33; 33	$-$ 37	0
29....	$-12,85$ à $16,0$	»	78; 88; 88	$+$ 18	4
Juillet 1....	$-12,95$ à $15,6$	$\frac{1}{2}$	95; 93; 93; 00	»	2
6....	$-13,42$ à $16,2$	»	42; 47; 35; 44	$+$ 49	4
20....	$-14,84$ à $16,6$	»	84; 87; 80; 85	$+$ 27	2
26....	$-15,42$ à $17,1$	»	40; 43; 44; 42	$-$ 2	1
29....	$-15,70$ à $17,4$	$\frac{1}{2}$	71; 70; 70	»	0
31....	$-15,99$ à $17,2$	»	98; 97; 00; 02	$+$ 65	2
					44
				Moyenne.....	$0^s,02$

Les observateurs ont été : M. Simonin, le 16 mai; M. Lambert, le 23 mai; et Mme Chandon, les autres jours.

Ce Tableau contient aussi les différences $n_s - n_i$; la constante de Bessel n_s est déduite de l'observation des circompolaires (passages supérieurs) et n_i de l'observation des circompolaires (passages inférieurs).

Les différences $n_s - n_i$ peuvent comporter des erreurs dues aux observations, aux éphémérides et aux temps perdus des vis; ces dernières doivent être éliminées par le mode d'observation. On trouve ici pour leur moyenne $+ 0^s,017$.

L'ensemble des résultats est assurément très bon. Si, en mars et en avril, on a dû donner aux observations le poids $\frac{1}{2}$, la chose a tenu à ce que les inconvénients qu'offrait alors le chronographe ont fait perdre beaucoup d'observations, notamment de polaires. Actuellement ces difficultés ont été surmontées, et l'on peut penser que M. Simonin et Mme Chandon obtiendront à cet instrument de très satisfaisantes déterminations de la correction de la pendule fondamentale.

MICROBIOLOGIE. — *Sur la prétendue transformation du ferment nitrique en espèce saprophyte.* Note [1] de M. S. **Winogradsky**.

Par mes recherches et celles de mon collaborateur M. Omélianský, dont les résultats ont été publiés dans plusieurs Mémoires parus dans des Recueils français, russes, allemands, les caractères des microbes nitrificateurs ont été nettement établis, ainsi que leur rôle dans le phénomène naturel de la nitrification de l'azote organique.

Nous rappellerons que ces microbes appartiennent au groupe physiologique si curieux des *anorgoxydants*, terme que nous nous proposons d'appliquer au groupe d'organismes caractérisés par la fonction d'oxyder des corps inorganiques; ces organismes occupent une place à part parmi les êtres vivants, leur respiration ne se faisant pas aux dépens de la matière hydrocarbonée avec de l'acide carbonique comme produit, mais cette respiration, soit l'acte énergétique, se portant sur les corps minéraux oxydables tels que l'hydrogène sulfuré, le soufre, l'oxyde ferreux, l'ammoniaque ou l'acide nitreux, selon la fonction toujours étroitement spécialisée des différents sous-groupes des *anorgoxydants*. Incapables de décomposer les substances organiques et de s'en nourrir, ces microbes se développent dans un milieu purement minéral et possèdent la faculté d'assimiler l'acide carbonique. Quant aux substances organiques toujours présentes dans le milieu naturel, elles n'entravent pas la marche du processus spécifique d'oxydation qu'à des doses peu élevées, différentes selon la qualité de ces substances; tout excès réduit les nitrificateurs à un état d'inaction qui ne cesse qu'après la destruction de cet excès par les saprophytes du sol.

Ces résultats, déjà anciens, ont été confirmés depuis par plusieurs

---

(1) Séance du 31 juillet 1922.

auteurs. Pourtant les contestations n'ont pas manqué, et c'est surtout la question qui a trait à la matière organique, qui a suscité les controverses les plus vives. Cette matière favorise-t-elle le processus ou l'entrave-t-elle, et dans quelles conditions? Nous n'entrerons pas maintenant dans la discussion de ce sujet assez vaste, le but de cette Note n'étant que de mettre en relief la nécessité de s'en tenir à une technique très rigoureuse dans cette étude. Des théories plus ou moins extravagantes, reconnues inexactes, ont déjà eu maintes fois pour point de départ de simples fautes de technique; celle dont nous allons nous occuper tout à l'heure n'a pas non plus, à notre avis, d'autre origine. C'est que la culture des microbes nitrificateurs à l'état de pureté absolue est assez délicate; elle exige plus de temps et de soins que la majorité des manipulations bactériologiques du même genre. On y parvient tout de même régulièrement si l'on s'en tient aux méthodes minutieusement décrites dans nos Mémoires; nous y avons recommandé aussi un moyen de contrôle qui est suffisant dans la majorité des cas, pour s'assurer de la pureté des cultures : le bouillon ensemencé avec quelques gouttes de la culture doit rester inaltéré. Ce contrôle est obligatoire, et si l'observateur, en perdant patience ou — ce qui est encore pis — en se laissant guider par des idées de variabilité des fonctions, le néglige, il a bientôt fait d'annoncer la découverte d'une espèce ou forme nouvelle du ferment nitreux ou nitrique, *dépourvue de pouvoir oxydant*, et ayant passé à l'état de saprophyte banal, bien entendu, pour toujours. Inutile de dire qu'elle n'avait jamais cessé de l'être.

Une transformation de ce genre a déjà été avancée par MM. Warington, Frankland, M. Stutzer et autres, il y a plus de vingt-cinq ans, et c'est maintenant M. Beijerinck qui l'annonce dans un Mémoire plus récent, intitulé : *Sur le ferment nitrique et sur la formation d'espèce physiologique* (¹).

Certes on hésite beaucoup à attribuer à l'éminent bactériologiste hollandais, auquel la science doit tant de belles découvertes, des fautes de technique. On se les explique pourtant par la manière originale de ce savant de traiter le sujet en question comme s'il s'agissait d'un terrain vierge, en prêtant trop peu d'attention à l'œuvre de ses prédécesseurs. M. Beijerinck ne tient notamment aucun compte de la méthode de contrôle de la pureté des cultures préconisée par nous. Il se borne à remarquer d'une manière caté-

(¹) *Ueber das Nitratferment und über physiologische Artbildung* (*Folia Microbiologica*, t. 3, 1914). — Les événements que l'on connaît ne m'ont permis de prendre connaissance de ce Mémoire que tout récemment.

gorique : « L'assertion qu'on trouve dans les traités, soit que le ferment nitrique ne se développe pas dans le bouillon, est entièrement inexacte : il y croît admirablement, seulement son pouvoir de nitratation disparaît »; et cela sans restitution possible. Trouve-t-on au moins quelque preuve du rapport génétique entre la forme ou espèce active et l'espèce inactive saprophytique? M. Beijerinck n'en donne aucune; il reconnaît que le *seul* caractère distinctif du microbe nitrique, soit le pouvoir de nitrater, manque dans ce cas, « l'état polytrophe » en étant dépourvu; il faut donc beaucoup d'habitude, dit-il, pour reconnaître l'origine et la parenté étroite de la nouvelle espèce avec l'ancienne. Il ne connaît donc lui-même, comme on le voit, aucune méthode précise pour établir le fait qu'il avance. Ainsi l'importance, très grande, que M. Beijerinck attache à l'apparition subite d'une « modification stable héréditaire » n'est nullement justifiée; ce savant paraît ignorer que cette découverte, ou plutôt cette illusion, est revenue déjà plusieurs fois durant le dernier quart de siècle.

Voyons maintenant les qualités attribuées au microbe nitrique par le bactériologiste hollandais.

Ce ferment, désigné sous le nom de *Nitrobacter oligotrophum*, ne serait « héréditairement stable qu'en présence de traces de matière organique soluble »; plus abondamment nourri, par exemple dans du bouillon, il se transformerait immédiatement en *Nitrobacter polytrophum*, en perdant pour toujours son pouvoir spécifique. Même de très petites doses d'aliment organique, ne dépassant pas $\frac{1}{20}$ pour 100 de glucose, peptone, asparagine, d'acétate de soude, etc., suffiraient déjà pour provoquer une pullulation abondante nécessairement suivie de cette transformation. C'est que « croissance et nitratation sont des fonctions séparées », affirme M. Beijerinck. Cette dernière ne pourrait s'exercer qu'après un arrêt complet de la végétation occasionné par la disparition des dernières traces d'aliment organique. Car l'état oligotrophe ne serait guère capable de chimiosynthèse; cette faculté lui aurait été attribuée à tort.

Il semble donc que M. Beijerinck se représente l'état ferment *comme un état d'inanition;* il s'ensuivrait nécessairement que la fonction même n'est plus physiologique, mais en quelque sorte pathologique, cas presque impossible à admettre.

Quant au phénomène naturel, ce ferment si fragile en est évidemment un agent très peu sûr, car il pourrait bien disparaître du sol à un moment inopportun, après une bonne fumure, par exemple. Pour prévenir cette critique, M. Beijerinck admet que cette disparition est compensée par un

repeuplement qui se fait aux dépens des germes-ferments dont les restes se maintiennent intacts dans quelques coins du sol à l'abri des matières organiques. S'il en est ainsi, de grands écarts ou fluctuations dans le nombre des germes-ferments ne doivent se manifester que trop souvent dans le sol. Le Mémoire ne nous en dit rien. De plus, comment pourrait-on compter pour ce repeuplement sur des germes inanitiés? C'est plutôt l'espèce polytrophe qui pourrait s'en charger, mais celle-ci n'est plus ferment. On voit que l'hypothèse s'accorde assez mal avec les idées mêmes du savant bactériologiste.

Quant aux caractères si extraordinaires attribués au ferment nitrique, ils sont contredits par toutes nos expériences, cependant bien nombreuses.

La nitratation est une fonction stable. Elle n'est pas abolie par la présence de la matière organique. Ce ne sont que des doses élevées, dépassant par exemple 1 pour 100 de peptone, qui paralysent le ferment; mais elles ne le tuent pas, ni ne le transforment non plus, il reste ce qu'il était, et transporté dans un milieu approprié, il y reprend son activité.

La croissance et la nitratation sont des fonctions inséparables, et il est très facile de s'en assurer en inoculant une quantité infinitésimale de germes dans le milieu nitrité et en suivant pas à pas la marche des deux. La multiplication est toujours suivie de nitratation, et il n'y a jamais nitratation sans croissance.

Quant à la *chimiosynthèse*, enfin, il est vrai que nous ne l'avons pas démontrée par des expériences directes pour le microbe nitrique, mais l'analogie avec le ferment nitreux et le fait que la croissance et la nitratation ne sont possibles qu'en présence de l'acide carbonique, rendaient cette synthèse très probable. Heureusement, les expériences si remarquables de M. Otto Meyerhof (1) sont venues depuis combler cette lacune, si lacune il y avait. La *chimiosynthèse*, dans ce cas également, est donc maintenant un fait acquis pour le plus sceptique.

NOMINATIONS.

MM. Kilian et Bigot sont adjoints à la délégation au *XIIIe Congrès géologique international* qui se tiendra à Bruxelles le 10 août prochain.

---

(1) *Recherches sur l'acte respiratoire des bactéries nitrifiantes* (*Pflügers Archiv*, t. 164 et 165, 1916).

CORRESPONDANCE.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° C. Houard. *Les Zoocécidies des plantes d'Afrique, d'Asie et d'Océanie.* (Présenté par M. E. Bouvier.)

2° *Faune de France : 3. Orthoptères et Dermaptères*, par L. Chopard. (Présenté par M. E. Bouvier.)

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur les développements en séries à deux variables complexes suivant les inverses de polynomes donnés.* Note [1] de M. **Abramesco**, présentée par M. Appell.

I. Commençons par le développement d'une fonction $F(x, y) = \sum\sum \frac{c_{m,n}}{x^m y^n}$, suivant les inverses de polynomes donnés, ayant leurs racines intérieures aux cercles (c) et (γ) de rayons r_1 et ρ_1,

$$P_m(x) = (x - a_{1,m})\ldots(x - a_{m,m}), \qquad Q_n(y) = (y - b_{1,n})\ldots(y - b_{n,n}) \quad [2].$$

1. Étant données les quantités $a_{m,n}$ au sens de MM. Hadamard et Lemaire [3], telles que $\lim\limits_{m+n \to \infty} \sqrt[m+n]{|a_{m,n}| k^n} = \lambda(k)$, les nombres $r = \lambda(k)$, $\rho = \frac{\lambda(k)}{k}$ forment un système de cercles associés de convergence pour la série $\sum\sum \frac{a_{m,n}}{x^m y^n}$. Cette série converge pour tout point (r, ρ) extérieur à la courbe $r = \lambda\left(\frac{r}{\rho}\right)$.

2. On peut déduire les coefficients $A_{m,n}$ du développement de $F(x, y)$

(1) Séance du 17 juillet 1922.

(2) Pour le cas d'une variable complexe, voir les travaux de M. Appell, *Sur les développements en série suivant les inverses de polynomes donnés* (*Comptes rendus*, t. 157, 1913, p. 5 et 1042; *Bull. Sc. math.*, novembre 1913; *Bull. Soc. math.*, t. 58, 1920, p. 1).

(3) Lemaire, *Sur les séries entières à plusieurs variables indépendantes* (*Bull. Sc. math.*, 1896, p. 286).

de l'identité

$$\sum\sum \frac{c_{m,n}}{x^m y^n} = \sum\sum \frac{A_{m,n}}{P_m(x)\,Q_n(y)},$$

$$\frac{1}{P_m(x)\,Q_n(y)} = \frac{1}{x^m y^n}\left(1 + \frac{p_{1,m}}{x} + \frac{p_{2,m}}{x^2} + \ldots\right)\left(1 + \frac{q_{1,m}}{y} + \frac{q_{2,m}}{y^2} + \ldots\right).$$

3. Ce développement est valable à l'extérieur des cercles associés de rayons r, ρ, pour tout point (r, ρ) extérieur à la courbe du plan Or, $O\rho$ (où ne se trouve l'origine O)

$$r - r_1 = \lambda\left(\frac{r - r_1}{\rho - \rho_1}\right), \qquad \sqrt[m+n]{|A_{m,n}|\,K^n} \to \lambda(K),$$

r_1 et ρ_1 étant les rayons des cercles donnés (c) et (γ).

4. On a

$$\frac{1}{(x-u)(y-v)} = \sum\sum \frac{R_{m-1,n-1}(u, v)}{P_m(x)\,Q_n(y)},$$

$R_{m-1,n-1}(u, v)$ étant un polynome de degré $(m-1)$ en u et $(n-1)$ en v; le terme du plus haut degré est $u^{m-1}v^{n-1}$ et ce polynome a au plus $m.n$ termes.

5. On a, en posant

$$I^{p,q}_{m,n} = -\frac{1}{4\pi^2}\int_{(c)}\int_{(\gamma)} \frac{R_{p,q}(x, y)}{P_{m+1}(x)\,Q_{n+1}(y)}\,dx\,dy,$$

$$I^{p,q}_{m,n} = 0, \qquad p \lessgtr m, \qquad q \lessgtr n; \qquad I^{m,n}_{m,n} = 1.$$

6. Observant que l'intégrale

$$-\frac{1}{4\pi^2}\int_{(c)}\int_{(\gamma)} \frac{R_{p,q}(x, y)}{P_{m+1}(x)\,Q_{n+1}(y)}\,dx\,dy$$

est nulle pour $m = 0, 1, \ldots, p$, $n = 0, 1, \ldots, q-1$; $m = 0, 1, \ldots, p-1$, $n = q$ et égale à 1 pour $m = p$, $n = q$, on obtient $(p+1)(q+1)$ équations linéaires, d'où l'on déduit les $(p+1)(q+1)$ coefficients du polynome $R_{p,q}$.

7. Supposant que le développement $F(x, y) = \sum\sum \frac{A_{m,n}}{P_m(x)\,Q_n(y)}$ est valable dans les champs déterminés, les coefficients $A_{m,n}$ sont donnés par

$$A_{p+1,q+1} = -\frac{1}{4\pi^2}\int_{(c)}\int_{(\gamma)} F(x, y)\,R_{p,q}(x, y)\,dx\,dy.$$

II. Considérons maintenant les séries $\sum\sum \frac{a_{m,n}}{P_m(x)\,Q_n(y)}$, les coefficients $a_{m,n}$ étant tels que $\sqrt[m+n]{|a_{m,n}|\,k^n} \to \lambda(k)$ et les polynomes donnés

$P_m(x)$, $Q_n(y)$ ayant les racines intérieures aux courbes (C) et (Γ) à simple connexion et étant liés par les relations de Poincaré [1]

$$R_p(x)\,P_{m+p}(x)+\ldots+R_0(x)\,P_m(x)=0,$$
$$S_q(y)\,Q_{n+q}(y)+\ldots+S_0(y)\,Q_n(y)=0.$$

Les courbes associées de convergence [2] des séries $\sum\sum\frac{a_{m,n}}{P_m(x)\,Q_n(y)}$ sont données sur les plans x et y par $|\alpha(x)|=r$, $|\beta(y)|=\rho$, (r, ρ) étant un point extérieur à la courbe $r=\lambda\left(\frac{r}{\rho}\right)$ (où ne se trouve l'origine des axes Or, $O\rho$), $\alpha(x)$ et $\beta(y)$ étant les racines de plus grand module des équations

$$Z^p+A_{p-1}Z^{p-1}+\ldots+A_0=0,\qquad A_s=\lim\frac{R_s}{R_p},$$

$$Z^q+B_{q-1}Z^{q-1}+\ldots+B_0=0,\qquad B_t=\lim\frac{S_t}{S_q}.$$

Les champs de convergence sur les plans x et y sont les régions extérieures aux courbes $|\alpha(x)|=r$, $|\beta(y)|=\rho$, (r, ρ) étant un point extérieur à la courbe $r=\lambda\left(\frac{r}{\rho}\right)$, et extérieures aux courbes (C) et (Γ) où se trouvent respectivement les racines des polynomes $P_m(x)$ et $Q_n(y)$.

RADIOACTIVITÉ. — *Sur les propriétés chimiques du mésothorium 2.* Note [3] de M. D. Yovanovitch, présentée par M. Urbain.

Préparation. — Au cours des années 1921 et 1922, j'ai entrepris quelques recherches pour préciser la nature chimique du mésothorium 2. La matière première que j'ai employée était constituée par du chlorure de baryum contenant du mésothorium 1 et du radium. D'après la règle de Fajans, tout précipité formé dans une solution peut adsorber un radio-élément lorsque la combinaison analogue de ce radio-élément est insoluble dans cette solu-

(1) Poincaré, *Sur les équations linéaires aux différentielles ordinaires et aux différences finies* (*American Journal*, vol. 7).

(2) Voir, pour le cas d'une variable complexe, ma Note : *Sur les séries de polynomes à une variable complexe* (*Journal de Mathématiques pures et appliquées*, 1922, p. 77).

(3) Séance du 31 juillet 1922.

tion. Ainsi, pour entraîner le mésothorium 2, on peut faire usage de tous les éléments qui forment les hydroxydes insolubles, tels que Fe, Al, Zr, La. Nd, etc. Hahn fut le premier à le séparer par l'hydroxyde de Zr ([1]). Markwald a employé le fer ([2]), Mc Coy et Viol se servirent de l'aluminium ([3]) et enfin L. Meitner a recueilli le mésothorium 2 sur une cathode d'argent par électrolyse d'une solution neutre ([4]). En précipitant directement par NH^4OH les hydrates de la solution active, on accumule les sels ammoniacaux, ainsi que les sels des éléments qui ont été employés pour l'entraînement du mésothorium 2. C'est pourquoi il a été nécessaire de trouver une méthode de préparation permettant de conserver le sel actif à l'état de pureté.

En tenant compte de tous ces faits, j'ai commencé par une précipitation à chaud d'une solution concentrée de $Ba\,Cl^2$ actif par l'acide chlorhydrique concentré. Le précipité de chlorure de baryum entraîne le mésothorium 1, thorium X et le radium, tandis que le mésothorium 2, le radiothorium et le dépôt actif restent en solution. Si l'on répète plusieurs fois cette précipitation, après un ou deux jours de repos, en laissant le temps nécessaire à l'accumulation du mésothorium 2, on obtient finalement du mésothorium 2 presque pur dans la solution acide contenant très peu de baryum. On peut alors précipiter tout le mésothorium 2 avec des sels de Fe, Al ou de terres rares. Cependant il est préférable de purifier encore une fois le mésothorium 2 en précipitant plusieurs fois l'hydrate, et en ajoutant un peu de thorium que l'on précipite ensuite par H^2O^2 pour éliminer le radiothorium. Enfin on entraîne le thorium C et le thorium B avec un peu de plomb et de bismuth qu'on précipite sous forme de sulfures.

Pour étudier les propriétés du mésothorium 2 par rapport aux terres rares, j'ai ajouté à la solution chlorhydrique de cette substance 1^{cm^3} de solution à 10 pour 100 de nitrate du La, Nd, Pr ou Sm selon le cas. Pour les mesures j'ai préparé des couches minces d'oxalates sur des cuvettes de laiton. Les mesures ont été faites dans une chambre à rayons β et γ où l'espace de ionisation avec la tige isolée était séparé de la préparation du mésothorium 2 par une feuille d'aluminium dont l'épaisseur était suffisante pour arrêter les rayons α. La tige isolée est liée à un électromètre à

([1]) O. Hahn, *Phys. Zeitschr.*, t. **9**, 1908, p. 284.

([2]) Markwald, *Ber. d. d. ch. Ges.*, t. **43**, 1910, p. 3420.

([3]) H. N. Mc Coy and Viol, *Phil. Mag.*, t. **25**, 1913, p. 350.

([4]) L. Meitner, *Phys. Zeitschr.*, t. **12**, 1911, p. 1094.

quadrants et le courant d'ionisation est compensé par un quartz piézo-électrique.

Étude chimique du mésothorium 2. — D'après les transformations radioactives du thorium, le poids atomique du mésothorium 2 est 228,12. Ce corps isotope avec l'actinium se rapproche, par ses propriétés chimiques, des terres rares. J'ai commencé par une précipitation fractionnée des oxalates, des hydrates et des doubles sels $M^2(SO^4)^3\ 3\ R^2SO^4$ de chaque élément du groupe cérique. Le mésothorium, préparé de la manière décrite, est mélangé avec les nitrates, respectivement sulfates du La, Pr, Nd et Sm ; par précipitations successives j'ai formé plusieurs fractions dont la teneur en mésothorium 2 a été examinée. Le mésothorium 2 accompagne chez La et Pr les premières fractions et chez Nd et Sm il se trouve concentré dans les dernières fractions; d'où il résulte que ses propriétés chimiques sont le plus rapprochées de celles du lanthane. En faisant un fractionnement régulier des doubles nitrates de terres rares et d'ammonium en présence de mésothorium, j'ai toujours constaté une accumulation de mésothorium 2 du côté du lanthane et une diminution de teneur du côté de Sm. Ainsi les fractions successives d'un fractionnement contiennent en mésothorium 28,2 pour 100, 23,9 pour 100, 19,1 pour 100, 16,2 pour 100 et 12,6 pour 100.

MINÉRALOGIE. — *Sur la composition chimique de l'aérinite.* Note de M. J. Orcel.

Le nom d'aérinite a été donné par von Lasaulx (1) à une substance bleue, compacte, parfois un peu fibreuse, très facilement attaquable par les acides; elle n'est pas homogène. On y observe au microscope, disséminés dans une masse bleue transparente très polychroïque des fragments de pyroxènes et de feldspaths, parfois d'olivine et de quartz. Les propriétés optiques du minéral ont été déterminées par Des Cloizeaux (2) et par M. A. Lacroix (3). L'analyse en a été faite pour la première fois par Damour (4), puis par von Lasaulx (2) et par Rammelsberg (5), mais comme

(1) *Neues Jahrb. f. Min.*, 1876, p. 352.
(2) V. Lasaulx, *Neues Jahrb. f. Min.*, 1877, p. 60.
(3) *Min. de la France et de ses Colonies*, t. 1, p. 403.
(4) *Bull. Soc. Franç. Min.*, t. 1, 1878, p. 126.
(5) *Zeitschr. f. geol. Gesel.*, t. 28, 1876, p. 234.

elle a porté sur la substance brute les résultats obtenus sont discordants.

Il était donc nécessaire de reprendre l'étude chimique du minéral en essayant de le séparer des minéraux étrangers.

L'échantillon utilisé provient de Casserras, Huesca (province d'Aragon) (¹). L'aérinite y est mélangée à du pyroxène, du quartz, et à quelques grains d'un minéral opaque (spinelle). L'aérinite ayant une densité voisine de celle du pyroxène, il est impossible d'effectuer une séparation satisfaisante par les liqueurs lourdes. L'attaque par les acides permet au contraire une bonne séparation. L'aérinite est en effet très facilement soluble dans les acides minéraux et même dans les acides organiques (citrique et acétique) et le résidu de l'attaque, après dissolution de la silice provenant de la désagrégation du minéral par une solution chaude de soude ou de carbonate de soude, est constant, quelles que soient les conditions de l'attaque.

L'analyse de la solution chlorhydrique a donné les résultats suivants :

SiO^2	39,26	654	660	6,2
TiO^2	0,49	6		
Al^2O^3	19,80	194	238,5	2,2
Fe^2O^3	7,13	44,5		
FeO	1,35	18,7	106,7	1
MgO	3,52	88		
MnO	0,03			
CaO	9,08	163	165	1,5
SrO	0,20	2		
P^2O^5	0,07			
Vanadium	traces			
Alcalis	traces			
H^2O (à 106°)	5,43	301,6		2,8
H^2O (à 400°)	11,03	775		7,3
H^2O (de 400° à 1100°)	2,92			
	100,31			

On déduit de cette analyse la formule empirique approximative :

$$6SiO^2,\ 2(Al, Fe)^2O^3,\ (Fe, Mg)O,\ 1.5CaO,\ 7H^2O + 3Aq.$$

Le fer ferrique et l'alumine sont à peu près dans le rapport de 1 : 5. Il en est de même du fer ferreux et de la magnésie.

Ces rapports moléculaires conduisent à une formule de constitution compliquée que nous chercherons à préciser ultérieurement. Cependant,

(¹) Calderon, *Los Minerales de España*, t. 2, p. 394.

dès à présent, il semble que ce minéral puisse être envisagé comme un type nouveau de leptochlorite, à condition d'étendre la définition de ce terme à des minéraux riches en chaux, pauvres en magnésie et en fer ferreux. D'ailleurs l'aérinite avait déjà été rangée dans ce groupe par M. A. Lacroix, à cause de ses propriétés optiques.

D'autre part, le minéral perd la majeure partie de son eau de constitution à une température voisine de 400° et ce fait est assez général dans les leptochlorites. A cette température, les propriétés optiques de l'aérinite changent; sa couleur bleue disparaît; elle n'est plus polychroïque, mais sa biréfringence a peu varié. A 1100° la substance est complètement transformée; elle est devenue brun rouge et opaque, elle n'est plus biréfringente; le réseau cristallin est détruit; il est à noter que de 400° à 1100° le départ de l'eau se fait graduellement; il n'y a pas brusque dégagement comme à 400°. L'eau dosée à 106° est de l'eau d'hydratation. Une partie de cette eau (2,63 pour 100) s'échappe dans l'exsiccateur sous la pression normale; elle est récupérée totalement après séjour dans une atmosphère humide. L'eau qui s'échappe à 400° se comporte de même, mais on peut l'expulser alors presque complètement à la température de 106°. Elle ne joue donc pas un rôle analogue à l'eau des zéolites; elle ne fait pas partie du réseau comme l'eau absorbée par ces minéraux.

Étude spectrale. — Le spectre de l'aérinite a déjà été étudié dans la partie visible par M. A. de Gramont (1). Mais cette étude a porté sur la substance brute. Je l'ai reprise sur la portion insoluble, et sur les chlorures résultant de l'évaporation à sec de la solution (2). Cette étude montre que les raies sensibles du strontium et du vanadium existent seulement dans le spectre des chlorures; ces éléments appartiennent donc bien à l'aérinite. Elle ne permet pas d'émettre une hypothèse sur l'origine de la coloration de l'aérinite. On l'a attribuée à un phosphate ou à un vanadate de fer, mais on ne conçoit pas bien le mécanisme de la coloration produite par ces sels. Il est à remarquer que la disparition de la coloration, dans l'air sec, est liée au départ de l'eau; si cette disparition n'est pas due à un phénomène d'oxydation, peut-être doit-on admettre que la couleur bleue est une conséquence immédiate de la structure de la molécule. La constance de la teinte du minéral dans ses divers gisements est en faveur de cette hypothèse.

(1) *Analyse spectrale des minéraux non conducteurs par les sels fondus* (*Bull. Soc. franç. Min.*, t. 21, p. 94).

(2) Les spectres ont été photographiés en coïncidence au moyen d'un spectrographe Hilger à deux prismes en crown-uviol.

MINÉRALOGIE. — *Minéraux de la région d'Oudjda (Maroc).* Note de M. J. **Barthoux.**

De beaux cristaux de vanadinite des environs d'Oudjda m'ayant été envoyés, je me suis rendu à la mine, d'où ils provenaient, et j'y ai recueilli les minéraux suivants :

Galène, *vanadinite*, *pyromorphite*, *wulfénite*, *cérusite*, *dolomite*, *calcite et aragonite.*

Ce sont des minéraux accessoires d'une mine de galène, actuellement à l'étude, ouverte dans les calcaires dolomitiques du Gebel Mahser, 25^{km} au sud d'Oudjda. La région est constituée par une série jurassique plus ou moins redressée et reposant sur un substratum schisto-cristallin paléozoïque. Une érosion profonde atteint généralement ce dernier, et ne laisse subsister que des témoins tabulaires ou des crêtes jurassiques relevées.

La série sédimentaire, dans le voisinage du Gebel Mahser, débute par des calcaires et argiles vertes, avec intercalation d'une couche mangano-ferrugineuse, importante en épaisseur comme en étendue. Ailleurs, on n'observe que des lambeaux de calcaire dolomitique, reposant sur le Paléozoïque, dont la base est très minéralisée, à la faveur d'une porosité qui fait d'ailleurs de ces roches un réservoir naturel des eaux d'infiltration.

La galène s'y présente en poches *de dissolution* et offre, de ce fait, une grande analogie de gisement avec les poches ferrugineuses si abondantes dans le Jurassique marocain, mais déposées, par contre, *per descensum.*

Voici la description des minéraux du Gebel Mahser :

Galène. — Aux endroits où elle est le moins compacte, la galène montre des géodes tapissées de cristaux de la forme p (001), a^1 (111), avec tendance à la prédominance de a^1. Dans une mine voisine, la minéralisation s'étant opérée au contact de schistes, ceux-ci sont criblés de gros cristaux cubiques du minéral.

Vanadinite. — Le G. Mahser est aujourd'hui l'un des plus beaux gisements connus de vanadinite, tant par l'abondance des cristaux que par leur taille qui atteint $3^{cm} \times 1^{cm},5$. Ils tapissent les parois d'une longue cavité calcaire corrodée, et s'y présentent isolés ou groupés, ou même superposés et enchevêtrés. Leur aspect varie d'ailleurs dans chaque cas, donnant les différents types suivants :

a. Gros cristaux opaques, isométriques, gris, à reflet adamantin ;

b. Les mêmes à faces courbes, en barillets ;

c. Petits cristaux de même aspect mais groupés, parallèlement, en sphérules à surface anguleuse ;

d. Petits cristaux isométriques transparents, de couleur rougeâtre ;

e. Petits cristaux aplatis et en associations polysynthétiques, avec face d'accolement p ;

f. Petits cristaux aplatis, isolés, et à faces dépolies.

Ces derniers sont les plus riches en troncatures, alors que les autres ne montrent guère que les faces du prisme hexagonal.

Les formes observées sont les suivantes :

$$p(0001),\quad m(10\bar{1}0),\quad h^1(11\bar{2}0),\quad a^2(11\bar{2}2),\quad a^1(11\bar{2}1).$$

On rencontre aussi, bien que rarement, de la vanadinite en croûtes botryoïdales, ou en sphérules à structure extérieure radiée.

Il est à remarquer que les cristaux transparents sont les premiers formés, et c'est leur accroissement qui donne les cristaux géants et opaques. En outre, l'apparition de la vanadinite dans ce gisement est marquée par une corrosion intense des parois, donnant à leur surface un aspect grossièrement spongieux, comme cela s'observe à Saïda (Oran) [1].

Pyromorphite. — Ce minéral est en petits cristaux transparents de la forme p, m, implantés sur la dolomite ; et lui constituant une croûte verdâtre.

Wulfénite. — Les cristaux de ce minéral sont volumineux, ils atteignent 3^{cm} de largeur. Ils sont de couleur orangée et comparables, par leur netteté et leur dimension, à ceux de Yuma (Arizona). Les uns sont tabulaires, par aplatissement suivant p ; les autres montrent l'octaèdre a^2, basé ou non.

Formes observées :

$$p(001),\quad a^2(102),\quad b^4(118),\quad b^2(113),\quad b^{\frac{1}{2}}(111).$$

L'examen de certains cristaux montre que leur cristallisation a débuté par une forme p, b^x pour aboutir à la forme tabulaire précédemment décrite.

Cérusite. — Les géodes de la galène sont tapissées de beaux cristaux transparents de cérusite, généralement allongés suivant l'axe a ; quelques-uns d'entre eux sont aplatis suivant p et déformés.

---

(1) A. Lacroix, *Minéralogie de la France*, t. 4, p. 412.

Formes observées :

$$p(001),\quad m(110),\quad g^{\frac{7}{2}}(250),\quad g^2(130),\quad g^1(010),\quad h^1(100),\quad b^{\frac{1}{2}}(111),$$
$$b^1(112),\quad b^2(114),\quad a^2(102),$$
$$e^2(012),\quad e^1(011),\quad e^{\frac{1}{2}}(021),\quad e_3\left(b_1 b^{\frac{1}{3}} g^1\right),\quad e_{12}\left(b^{\frac{1}{12}} b^1 g^1\right).$$

Macle m, par pénétration, fréquente.

Les faces de la zone pg^1 et les dièdres $h^1 g^1$ sont profondément cannelés parallèlement à leurs arêtes.

Dolomite. — La dolomite a recristallisé dans les géodes en rhomboèdres p opaques, nacrés, et de forme crêtée. Dans un gisement voisin, les crêtes sont recouvertes de sidérite.

Calcite. — Je n'ai trouvé qu'un seul cristal que je n'ai pu examiner. Il m'a paru être un isocéloèdre ou une forme d^1 maclée suivant a^1.

Aragonite. — L'aragonite est aciculaire et à disposition radiée. On y reconnaît les formes :

$$p(001),\quad m(110),\quad g^1(010),\quad e^1(011),\quad \dot{b}^1(112).$$

g^1 est la forme vers laquelle tend une troncature e^x très aiguë. D'autres pointements plus aigus que le précédent sont rendus indéterminables par la courbure de leurs faces. Enfin des sphérules d'aragonite sont dispersées sur les cristaux de wulfénite ou les croûtes de pyromorphite.

Tous ces minéraux ne sont pas associés d'une manière quelconque : la vanadinite, par exemple, ne se rencontre jamais sur la galène ; on distingue les associations suivantes :

a. Galène, cérusite.

b. Vanadinite.

c. Wulfénite, pyromorphite, aragonite.

La wulfénite apparaît également en cristaux isolés sur la galène, et la dolomite est indifféremment dans toutes les géodes.

L'ordre de cristallisation est le suivant : galène, dolomite, cérusite, dolomite, wulfénite, calcite, aragonite. On ne peut dire quelle place occupe exactement la vanadinite dans cette succession de cristaux.

GÉOGRAPHIE PHYSIQUE. — *Sur la constitution et l'origine des limons de la plaine de Caen appelés rougeaut et fauvet.* Note de M. **Aimé Azam**, présentée par M. Émile Haug.

Dans la région de Caen, on donne le nom de rougeauts et de fauvets à des formations quaternaires dont l'origine et la nature sont mal connues; elles font partie des dépôts superficiels désignés sous le nom général de limons.

Dans la falaise située entre Luc-sur-Mer et Lion-sur-Mer, ces formations reposent sur les calcaires de Langrune du Bathonien supérieur. A la base, on trouve une assise (horizon T_3) composée de plaquettes argilo-sableuses, fendillées, dont la partie supérieure passe graduellement au fauvet (T_2). Celui-ci a une puissance de $1^m,25$ à $2^m,30$ suivant les points. Il est constitué par un limon pulvérulent jaunâtre, avec interposition d'un cordon de petits cailloutis de quartzites, de grès et de silex. Le fauvet est nettement limité à sa partie supérieure par un limon grenu, fortement coloré, c'est le rougeaut (T_1), dont l'épaisseur varie de $0^m,50$ à $1^m,50$. A la partie supérieure une couche de terre végétale de $0^m,10$ recouvre cet ensemble.

Mes recherches m'ont amené à faire les constatations suivantes :

Analyse chimique globale.

	Rougeaut.	Fauvet.	Horizon T_3.
Silice libre	41,00	47,50	20,50
» combinée	12,00	21,00	9,00
» totale	53,00	68,50	29,50
Carbonate de chaux	38,50	18,20	62,50
Alumine	5,86	8,91	5,08
Oxyde de fer	2,04	2,09	1,92
Acide phosphorique total	0,08	0,07	0,06
Potasse	0,10	0,20	0,18
Humus	0,40	0,30	0,30
	99,98	98,27	99,54
Éléments non dosés : magnésie, acide sulfurique, chlore, azote non carburé ou carbone	0,02	1,73	0,46
	100,00	100,00	100,00

L'examen du Tableau ci-dessus suggère une remarque importante relative à la grande abondance du carbonate de chaux et à son inégale répartition dans les trois horizons.

Le rougeaut, par exemple, contient deux fois plus de carbonate que le fauvet, qui est loin d'être décalcifié, contrairement à l'opinion générale enregistrée dans la Notice explicative de la carte géologique de Caen qui semblait correspondre à la loi générale de la décalcification superficielle de ces dépôts avec enrichissement de calcaire en profondeur.

Horizon T_3. — On aperçoit au microscope des débris remaniés de Bryozoaires, d'Echinodermes et des Oolithes ferrugineuses. Tous ces débris sont empruntés au Bathonien supérieur. On observe entre autres de gros éléments de quartz arrondis ou en éclats abondants et des fragments de quartzites. En outre, on trouve des grains de glauconie, des fragments de feldspaths (orthose, oligoclase), un petit nombre de paillettes de mica et quelques grains assez rares de zircon. L'ensemble a un aspect détritique indiquant que les divers éléments ont subi un remaniement important.

Horizon T_2 (*fauvet*). — Ce niveau renferme de gros débris de Bryozoaires aux contours anguleux, de Brachiopodes tapissés en calcite grenue et des Foraminifères (Flosculines, Orbitolines) provenant vraisemblablement de la Craie.

Le quartz se présente sous deux aspects, en gros grains peu abondants, avec angles émoussés d'un quart de millimètre de diamètre et en petits éclats anguleux très nombreux. Les feldspaths sont assez abondants, en particulier l'orthose et l'albite. Les grains de limonite sont rares, il en est de même des débris fragmentaires de zircon. La composition de ces dépôts est donc hétérogène.

Horizon T_1 (*rougeaut*). — Cet horizon contient de nombreux débris de calcaires du Bathonien supérieur, des restes d'Échinodermes (Crinoïdes), des fragments de coquilles de Mollusques, où l'on peut encore observer la matière colorante. Certains de ces morceaux sont perforés par des Algues. Les Foraminifères de la Craie sont plus rares.

Les gros grains de quartz de $0^{mm},8$ de diamètre, légèrement roulés, sont abondants. Les petits éclats anguleux sont moins nombreux que dans le fauvet. Les débris de feldspaths sont rares. La calcite tapisse l'intérieur des cavités des fossiles. La glauconie, les paillettes de mica blanc et les fragments de zircon sont peu abondants, seule la limonite est assez répandue.

Un examen micrographique attentif de toutes les formations géologiques, depuis les Schistes cristallins jusqu'au Cénomanien, m'a amené à l'interprétation suivante :

1° L'horizon inférieur des limons (T_3) est le résultat du remaniement des argiles du Cornbrash à la surface du calcaire de Langrune.

2° Le fauvet (horizon T_2) a été formé par l'altération sur place de l'argile callovienne qui recouvrait autrefois la région, un remaniement ultérieur ayant déposé des éléments appartenant à d'autres étages, en particulier au Cénomanien.

3° Le rougeaut résulterait du remaniement du fauvet avec un apport

d'éléments arrachés à un massif cristallin (quartz de filon, quartzites, feldspaths). La forte teneur de cette assise en carbonate de chaux (38,5 °/₀) s'explique par la présence de fossiles remaniés du Bathonien supérieur et par les nombreux débris de Crinoïdes, de Foraminifères, de Brachiopodes et de Mollusques tertiaires.

Tous ces dépôts remontent au début du Pléistocène moyen, leur formation étant intimement liée à la composition du sous-sol du début du Quaternaire et à l'abaissement du niveau de base mis en lumière par les recherches de M. A. Bigot [1] sur les terrasses de la vallée de l'Orne.

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Influence de l'humus sur la sensibilité de l'*Azotobacter Chroococcum *vis-à-vis du bore*. Note de M. J. Voicu, présentée par M. Roux.

L'action favorisante de l'humus sur quelques microbes du sol est un fait bien connu.

On peut se demander à ce sujet si l'humus ne modifie pas la sensibilité des microbes qu'il stimule, envers des substances qui leur sont favorables, nuisibles, voire même indifférentes.

J'ai étudié à ce point de vue l'action de l'humus sur la sensibilité de l'*Azotobacter Chroococcum* vis-à-vis du bore.

Cette recherche m'a été suggérée par l'emploi qu'on a fait en Amérique, dans certaines expériences agricoles [2], de fumier de cheval, traité par le borax ou par la colemanite (borate de calcium) calcinée, afin de le préserver des larves de mouches.

J'ai isolé le microbe de la terre du jardin de l'Institut Pasteur, et je l'ai cultivé sur un milieu gélosé (1,8 pour 100), à l'extrait de terre [3], additionné de PO^4K^2H (0,05 pour 100) et de mannite (2 pour 100).

L'humus a été retiré de vieux fumier, d'après les indications de F. Löhnis (*Centralbl. f. Bakt.*, t. 40, 1914, p. 52).

---

(1) A. Bigot, *Notes pour servir à l'histoire physique de la vallée de l'Orne : I. Les anciennes terrasses de Feugerolles* (*Bull. Soc. Amis des Sc. Nat.*, Rouen, 16 pages, 2 planches, 1903). — II. *Tracés anciens et actuels de l'Orne* (*C. R. Congrès Sociétés savantes*, 1911).

(2) F.-C. Cook, *Journ. of Agric. Research*, t. 5, 1916, p. 877. — F. Cook et J.-B. Wilson, *Ibid.*, t. 10, 1917, p. 591, et t. 13, 1918, p. 451.

(3) F. Löhnis, *Centralbl. f. Bakt.*, t. 19, 2ᵉ Partie, 1907, p. 88.

Il a été purifié par reprécipitation et lavage à l'eau distillée froide, séché d'abord à l'air, en couche mince, à 34°-37°, puis dans le vide, sur l'acide sulfurique. Ainsi préparé, il contenait 3,22 pour 100 d'azote et 0,0002 pour 100 de bore ([1]).

Pour préparer le milieu de culture, j'ai dissous dans l'eau redistillée : $0^g,5$ de PO^4K^2H, $0^g,1$ de SO^4Ca, $0^g,2$ de NaCl, $0^g,2$ de SO^4Mg cristallisé. J'y ai ajouté 1^{cm^3} des solutions suivantes (à 1 pour 100 en substance anhydre) : $FeCl^3$, SO^4Mn, SiO^2 (à l'état de silicate de soude) et $0^{cm^3},5$ de sulfate d'aluminium (1 pour 100 en Al^2O^3). Enfin 20^g de saccharose et 50^{mg} de peptone Chapoteaut; le tout complété à 1 litre.

Ce milieu a été réparti par portions de 50^{cm^3} dans des fioles coniques, de 250^{cm^3} en verre « France », en y ajoutant $0^g,25$ de carbonate de calcium précipité. La stérilisation a duré 15 minutes à 110°.

On a ensemencé avec 1^{cm^3} d'une suspension de microbes rendue bien homogène. Les cultures ont été maintenues à 27° dans une chambre thermostat et secouées tous les deux à trois jours.

Le bore a été ajouté sous la forme d'acide borique, en solution stérilisée. Les concentrations sont données en métalloïdes. Il faut les multiplier par 5,63 pour avoir les teneurs correspondantes en acide borique.

L'humus a d'abord été dissous par trituration dans un mortier avec un peu de soude (5^{cm^3} de soude normale pour $2^g,5$ d'humus) et dilué ensuite avec de l'eau redistillée. J'en ai ajouté 4^{mg} et 100^{mg} pour 100^{cm^3} de milieu.

Dans le milieu sans bore, la première dose d'humus, quoique petite, a porté le taux de l'azote, fixé en 10 jours, de $0^{mg},75$ pour 50^{cm^3} de milieu simple à $3^{mg},35$ sans changer le rendement pour 1^g de sucre consommé. Ce chiffre n'a pas été atteint pour le milieu simple sans bore et sans humus, même après 1 mois; il y avait seulement 2^{mg} d'azote fixé pour 50^{cm^3} de milieu avec un rendement de 5^{mg} d'azote pour 1^g de sucre.

Les résultats des expériences sont représentés dans le Tableau ci-dessous :

Bore (mg p. 100^{cm^3}).	Azote fixé (mg pour 50^{cm^3}). I.	II.	III.	Sucre consommé (mg pour 50^{cm^3}). I.	II.	III.	Azote fixé (mg p. 1^g de sucre cons.). I.	II.	III.
0.......	0,75	3,35	6,10	176	789	703	4,26	4,24	8,68
0,1.....	0,70	3,20	6,45	195	774	735	3,59	4,13	8,78
1.......	0,75	3,20	6,45	202	715	776	3,71	4,48	8,31
2,5.....	"	2,65	5,45	"	667	685	"	3,97	7,96
5.......	0,60	1,65	2,45	135	406	341	4,44	4,06	7,18
10......	0,60	0,80	0,90	124	145	163	4,84	5,51	5,52

([1]) Sur le dosage de très petites quantités de bore, voir Gabriel Bertrand et Agulhon, *Bull. Soc. chim.*, 4e série, t. 15, 1914, p. 292.

La colonne I se rapporte à une expérience exécutée sur le milieu sans humus. La colonne II à une expérience faite en même temps, avec la même suspension microbienne, sur le milieu à 4^{mg} pour 100 d'humus. Les cultures avaient duré 10 jours (23 février-5 mars 1922). La colonne III se rapporte à une expérience exécutée avec 100^{mg} pour 100 d'humus et qui a duré aussi 10 jours (9 février-19 février 1922).

On voit que sur le milieu sans humus, où l'assimilation de l'azote est minime, l'effet du bore est insignifiant.

Au contraire, sur le milieu qui contient de l'humus, même en très petite quantité et où, par ce fait, la fixation de l'azote se trouve augmentée, l'action toxique du bore se manifeste bientôt et s'accentue ensuite très nettement.

Ainsi il suffit de 4^{mg} d'humus pour que l'on constate, avec la dose de 5^{mg} de bore, une diminution de 50 pour 100 d'azote fixé, vis-à-vis du témoin ($1^{mg},65$ au lieu de $3^{mg},35$) et avec 10^{mg} de bore, de 76 pour 100 ($0^{mg},8$ au lieu de $3^{mg},35$).

Si la dose d'humus atteint 100^{mg}, on obtient une diminution de 60 pour 100, lorsqu'il y a 5^{mg} de bore et de 85 pour 100 ($0^{mg},9$ au lieu de $6^{mg},1$) lorsqu'il y a 10^{mg} de métalloïde.

CRYPTOGAMIE. — *Un nouveau Pyrénomycète marin.* Note de MM. René Maire et E. Chemin, présentée par M. L. Mangin.

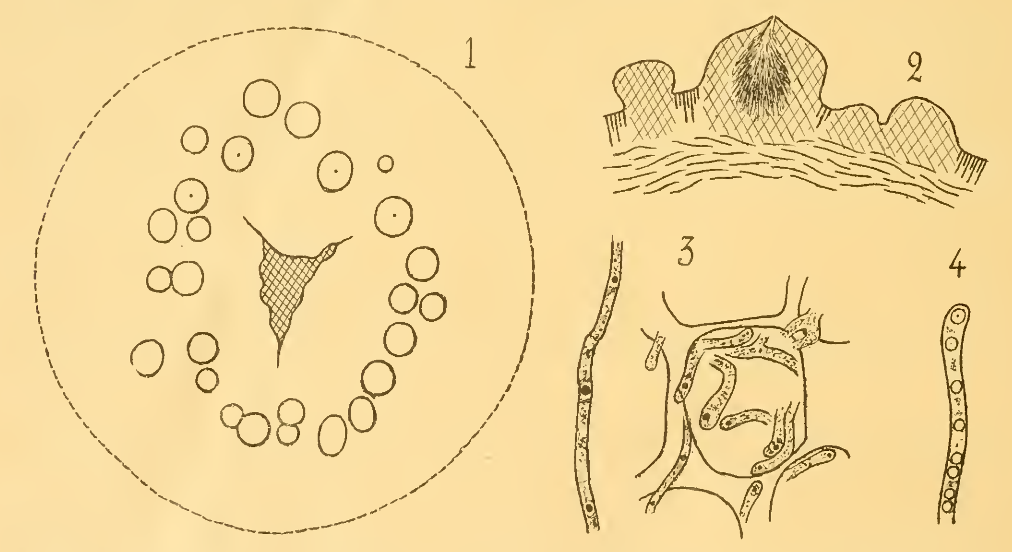
Dans une Note antérieure (¹), l'un de nous a signalé l'action destructrice d'un champignon sur une Floridée marine : *Dilsea edulis* Stackh. Bien que son hôte existe toute l'année, ce champignou n'apparaît qu'en juillet pour disparaître en octobre. Il se développe radialement à partir du point de pénétration et son développement se poursuit d'une façon très régulière dans toutes les directions ; à chaque moment il dessine un cercle à peu près parfait. Sa vitalité diminue au fur et à mesure de l'élargissement; lorsque le diamètre atteint 2^{cm} environ, le développement s'arrête, et, bientôt, il ne reste plus qu'une large perforation bordée d'une légère frange verdâtre. Souvent les individus sont si nombreux sur une même fronde que, dans leur accroissement, ils viennent en contact et déterminent une série de

(¹) E. Chemin, *Action d'un champignon parasite sur* Dilsea edulis *Stackh* (*Comptes rendus*, t. 172, 1921, p. 614).

cercles qui s'entrecoupent. Ce n'est que très rarement qu'un petit secteur de l'un de ces cercles reste indemne.

Les filaments mycéliens, rectilignes ou pelotonnés (*fig.* 3), s'insinuent entre les cellules de l'hôte ou se développent à leur intérieur; leur diamètre varie de 2^{μ} à 3^{μ}; ils renferment un protoplasme granuleux avec noyaux volumineux disséminés de place en place.

A la limite de la zone interne complètement décolorée et de la zone moyenne devenue verdâtre par disparition de la phycoérythrine, les filaments mycéliens sont plus denses et enchevêtrés. C'est dans cette région que prennent naissance des pustules en saillie sur la surface (*fig.* 1); habituellement elles apparaissent sur l'une et l'autre face; quelquefois, très abondantes d'un côté, elles font défaut de l'autre; elles sont hémisphériques, blanchâtres, et à maturité elles présentent un pore à leur sommet.



Mycaureola Dilseæ sur Dilsea edulis. — 1. Vue de face montrant la déchirure centrale, la répartition des périthèces et le cercle limitant la zone verte de la zone externe rougeâtre, × 10. — 2. Coupe d'une série de périthèces et de leur support, l'un est vu en section médiane, × 60. — 3. Filaments mycéliens, l'un isolé, les autres pelotonnés dans une cellule-hôte, × 560. — 4. Asque avec spores en formation, × 560.

En coupe, l'une de ces pustules montre un parenchyme limitant une cavité centrale en communication avec l'extérieur par un col court et étroit aboutissant au pore (*fig.* 2). L'intérieur est garni de filaments rayonnants, dont les uns sont minces et allongés d'un diamètre de 1^{μ} à $1^{\mu},5$, et les autres, d'abord renflés, deviennent sensiblement cylindriques avec un diamètre de 3^{μ}. Dans ces derniers s'organisent des globules de 2^{μ} à $2^{\mu},5$ de diamètre,

hyalins, avec membrane mince; ils sont échelonnés irrégulièrement; leur nombre, habituellement de huit, ne paraît pas constant (*fig.* 4). Ces globules retiennent fortement l'hématoxyline ferrique et représentent des spores en voie de développement. Leur maturation doit être lente, car ce n'est que sur des exemplaires pourrissants que nous avons pu voir des spores libres, rondes, de 3$^{\mu}$ de diamètre avec membrane relativement épaisse sans ornementation; l'état de désorganisation n'a pas permis d'observer la sortie des spores, elle se fait vraisemblablement par destruction de la membrane de la cellule formatrice. C'est là un Pyrénomycète avec périthèces, asques et spores.

Jusqu'à ces dernières années, les Pyrénomycètes marins n'avaient été observés et étudiés qu'accidentellement. En 1907, Cotton (1) en donnait une liste ne comprenant que neuf espèces. Depuis May Estee (2) et surtout Geo. K. Sutherland (3) en ont décrit et figuré plus d'une quinzaine d'espèces nouvelles. Pour quelques-unes d'entre elles, Sutherland a dû créer des genres nouveaux. Nous nous trouvons dans la même obligation avec la forme que nous venons de signaler. Elle pourrait être rapprochée du genre *Hyponectria*, mais la présence de paraphyses l'en éloigne. Pour la désigner nous proposons le nom générique de *Mycaureola*, qui rappelle les séries concentriques diversement colorées, avec comme nom spécifique celui de l'hôte.

La diagnose serait la suivante :

Mycaureola Dilseæ *nov. gen., nov. sp.; périthèces isolés, saillants, hémisphériques, blanchâtres de 500$^{\mu}$ en moyenne de diamètre; asques cylindriques de 3$^{\mu}$ de diamètre entremêlées de paraphyses; ascospores unicellulaires, sphériques de 3$^{\mu}$ de diamètre, hyalines, membrane incolore sans appendices.*

Hab. : parasite sur les frondes de *Dilsea edulis* Stackh.

---

(1) Cotton, *Notes on Marine Pyrenomycetes* (*Trans. Brit. Myc. Soc.*, 1907).

(2) May Estee, *Fungus Galls on Cystoseira and Halidrys* (*Univ. of California publ. Bot.*, vol. 4, 1913).

(3) Geo. K. Sutherland, *New marine Fungi on Pelvetia* et *Additional notes on marine Pyrenomycetes* (*The new Phytologist*, vol. 14, 1915); *New marine Pyrenomycetes* et *Additional notes on marine Pyrenomycetes* (*Trans. Brit. Myc. Soc.*, t. 5, 1915).

MORPHOLOGIE. — *Structure et développement de la pseudobranchie des Téléostéens.* Note de M. F. Granel, transmise par M. Henneguy.

La pseudobranchie des Téléostéens se présente sous deux aspects : 1° de feuillets semblables à ceux qui composent les hémibranchies des mêmes animaux, appliqués contre le fond de la cavité branchiale entre l'opercule et le pharynx, et plus ou moins saillants (pseudobranchies libres); 2° de petits corps rougeâtres, cachés sous la muqueuse de la même région et qui rappellent les feuillets libres, mais plus courts, contractés et ramassés sur eux-mêmes (pseudobranchies couvertes). Ces apparences dissemblables ne répondent pas à une différence profonde de structure; celle-ci reste la même dans les deux cas et il n'y a point entre eux l'opposition que l'on a cru.

Chaque feuillet de la pseudobranchie comprend comme ceux des branchies une lame de soutien portant les vaisseaux afférent et efférent de l'organe et des lamelles implantées sur la lame comme les barbes d'une plume. Dans les branchies, la lame en forme de long triangle isoscèle est attachée à l'arc cartilagineux par sa base. Dans la pseudobranchie, elle est fixée contre la paroi qui la supporte par la plus grande partie de l'un de ses bords. Lamelles branchiales et pseudobranchiales ont un élément commun de structure, leur lamelle vasculaire, dont la constitution, dans la branchie, a été bien décrite par Biétrix (1895). Chaque lamelle vasculaire a la forme de la lamelle à laquelle elle appartient et dont elle constitue l'âme. Elle comprend deux parois planes, très minces, endothéliformes, répondant aux faces de la lamelle et reliées entre elles à des intervalles réguliers par des colonnes perpendiculaires à la surface, les cellules en pilastres, autour desquelles circule le sang. Cellules en pilastres et parois de la lamelle vasculaire appartiennent à une même formation et dérivent d'une seule et même ébauche. Dans les branchies chaque lamelle vasculaire est revêtue par l'épithélium ectodermique, et la lamelle foliée résultant de leur union est libre et saillante. Dans la pseudobranchie, la lamelle vasculaire n'est jamais entourée directement par l'épithélium branchial, mais par un épithélium particulier dont on verra bientôt l'origine, et les lamelles sont le plus souvent recouvertes par une lame continue de l'épithélium branchial sous lequel elles sont cachées.

J'ai suivi le développement de la pseudobranchie dans une série d'alevins de Carpe à miroir, mesurant depuis 3^{mm} jusqu'à 27^{mm}. La pseudobranchie

apparaît chez l'alevin de 6^{mm} sous la forme d'une petite saillie papillaire, située immédiatement contre le cartilage de l'arc hyoïdien. Il y a d'abord une seule de ces saillies; plus tard, il s'en forme d'autres en dehors et surtout en dedans de la première. Chaque saillie correspond à la coupe d'un feuillet. Dès le stade qui suit sa première apparition, chaque feuillet présente sur les coupes frontales de l'embryon la forme d'une masse quadrangulaire attachée à la paroi de la cavité branchiale par un pédicule plus ou moins étroit, et dont la structure est la même chez les différents embryons de Carpe, de Vairon, de Truite, bien que la pseudobranchie des adultes soit différente. Cette ébauche comprend : 1° un axe vertical répondant à la lame de soutien ; 2° deux masses latérales formées par un mésenchyme compact, syncytial, recouvert par l'épithélium de la cavité branchiale. Dans le syncytium, les noyaux sont d'abord disposés sans ordre et très serrés. Bientôt, on y voit apparaître des lamelles constituées par des rangées de noyaux disposés les uns au-dessus des autres en pile de monnaies, et qui s'écartent de la lame comme le feront plus tard les lamelles. Ces formations sont tout d'abord continues avec le reste du syncytium dont elles ne se distinguent que par la disposition palissadique de leurs noyaux ; puis, dans chaque lamelle, le protoplasme devient de plus en plus abondant, légèrement acidophile, et se colore en rose par l'éosine, de manière à trancher nettement sur le reste du tissu. Bientôt la lamelle, jusqu'ici compacte, se différencie en une couche protoplasmique limite pour chacune de ses faces, en pilastres et en globules rouges séparés des pilastres par des fentes très étroites.

Le grand axe des globules rouges est parallèle à celui des pilastres. Les lamelles ainsi formées ont, chez un alevin de 9^{mm}, une épaisseur totale de 16^{μ} dans laquelle la hauteur des pilastres entre pour 10^{μ} et les parois pour 3^{μ} chacune. Ces dimensions, beaucoup plus grandes que celles des lamelles branchiales du même embryon qui ne mesurent pas plus de 5^{μ} à 6^{μ}, permettent de suivre aisément le développement de la lamelle vasculaire. La pointe de quelques-uues des lamelles ainsi formées fait une légère saillie à la surface, soulevant au-devant d'elle l'épithélium et s'en recouvrant. Mais les lamelles saillantes sont très peu nombreuses et ne sont libres que sur une faible partie de leur étendue, leur majeure partie restant enfouie dans la masse mésenchymateuse du bourgeon pseudobranchial, et toutes les autres lamelles de la même lame restent cachées sous l'épithélium qui recouvre l'ensemble du bourgeon. Leur évolution ultérieure fera comprendre comment on a pu les confondre avec les lamelles branchiales. La

couche protoplasmique acidophile qui limite les lamelles vasculaires va en s'épaississant graduellement. Elle mesure 3^{μ} dans l'alevin de 9^{mm}. Chez un alevin de 25^{mm}, le syncytium qu'elle forme, épais de 8^{μ} à 9^{μ}, commence à se découper en cellules distinctes formant un épithélium cubique à la surface de la lamelle vasculaire qui s'en sépare en même temps et devient indépendante.

Les lamelles pseudobranchiales adultes sont donc constituées : 1° par une lamelle vasculaire à pilastres; 2° par un épithélium formé d'une seule couche de cellules acidophiles dont l'épaisseur varie, peut-être suivant les états fonctionnels, de 16^{μ} à 30^{μ}. Cette couche est absolument propre aux pseudobranchies dans lesquelles on la trouve toujours, mais elle n'existe pas et n'a pas d'équivalent dans la branchie. Elle diffère d'ailleurs beaucoup par son épaisseur et par sa coloration de la couche ectodermique des lamelles branchiales, mais ces différences paraissent avoir échappé aux auteurs qui ont toujours comparé les deux sortes de lamelles.

PHYSIOLOGIE. — *Variation de la pression osmotique du sang de l'Anguille en fonction des modifications de salinité du milieu extérieur.* Note [1] de MM. **Paul Portier** et **Marcel Duval**, présentée par M. L. Joubin.

Un travail antérieur [2] nous a appris comment variait la pression osmotique d'un poisson d'eau douce (Carpe) lorsqu'on modifiait la salinité du milieu ambiant.

Il nous a paru important de faire de nouveau cette étude sur un poisson adapté aux changements brusques de salinité (Anguille).

Des Anguilles pêchées en rivière, conservées quelque temps en vivier, sont, au moment de l'expérience, transportées dans un aquarium rectangulaire de verre contenant 10^{l} d'eau douce additionnée de quantités de chlorure de sodium variant de 0^{g} à 44^{g} par litre. Après un séjour de six heures dans cette eau salée, les poissons sont immobilisés par un appareil à contention spécial. Une canule est introduite dans l'artère branchiale; le sang qui s'écoule par cette canule est aussitôt défibriné, puis centrifugé [3].

---

(1) Séance du 31 juillet 1922.

(2) *Comptes rendus*, t. 174, 1922, p. 1366.

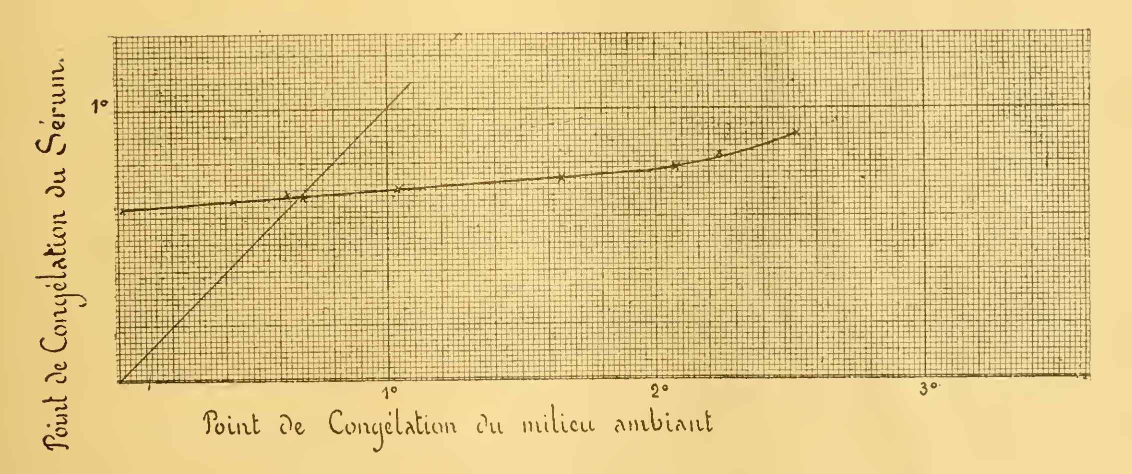
(3) Les Anguilles, dont le poids variait de 300^{g} à 700^{g}, fournissaient de 4^{cm^3} à 8^{cm^3} de sang.

Le sérum, dépourvu de globules, est cryoscopé avec l'appareil qui nous a servi dans les recherches précédentes.

Les principaux résultats de ces expériences sont résumés dans le tableau et le graphique ci-dessous :

Temps de séjour dans la solution : 6 heures.

Teneur en sels par litre du milieu extérieur.	Point de congélation du milieu extérieur.	Point de congélation du sérum.	État du poisson à la sortie de la solution.
Sels normaux de l'eau douce...	—0°,02	—0°,63	très bon
7g	—0,43	—0,66	id.
10,5........................	—0,63	—0,68	id.
11........................	—0,68	—0,67	id.
18........................	—1,04	—0,70	id.
28........................	—1,65	—0,74	id.
36........................	—2,08	—0,78	id.
39........................	—2,22	—0,83	id.
43........................	—2,53	—0,90	mauvais



L'examen de ces données expérimentales montre que :

1° La pression osmotique du sérum de l'Anguille vivant dans l'eau douce normale est sensiblement plus élevée que celle de la Carpe, Téléostéen non adapté au changement de salinité.

2° L'allure générale de la courbe représentative de la variation de pression osmotique diffère beaucoup de celle que nous avons obtenue avec la Carpe.

Dans la zone qui s'étend de l'eau douce à l'eau de mer (— 2°,10), la

courbe est sensiblement une droite très peu inclinée sur l'axe des abscisses. Ceci montre qu'à une grande variation de pression osmotique du milieu extérieur, correspond seulement une très faible variation de la pression osmotique du milieu intérieur, beaucoup plus faible que celle observée chez la Carpe.

C'est là, sans doute, un des caractères importants de l'adaptation aux changements de salinité.

3° Comme nous l'avons fait pour la Carpe, le point d'équilibre entre le milieu extérieur et le milieu intérieur qui correspond à $-0°,68$ a été déterminé théoriquement au moyen de la courbe, puis vérifié expérimentalement. C'est le résultat expérimental que nous donnons.

4° Dès qu'on dépasse la pression osmotique de l'eau de mer, la courbe se relève, et rapidement apparaissent des troubles graves qui conduisent l'animal à la mort.

Ainsi, dans l'eau de $\Delta = -2°,70$ (46 pour 1000 de NaCl), le poisson meurt en moins de 3 heures avec un Δ du sérum $= -1°,50$. (Il n'a pas été tenu compte de ce résultat dans le tableau en raison des échanges qui ont ont pu se produire après la mort.)

5° Dans le cas où la pression osmotique trop élevée du milieu extérieur exerce une influence néfaste sur le poisson, nous avons constaté une altération des globules rouges qui prennent une apparence fusiforme, triangulaire, etc.

6° On sait, notamment par les recherches de Cosmovici [1], que la tension superficielle du sérum d'anguille présente une valeur très faible. Nous avons de nouveau vérifié ce fait. Le nombre de gouttes était d'environ 120 pour 5^{cm^3} et ne paraissait pas varier avec la salinité du milieu extérieur.

BACTÉRIOLOGIE. — *Action du tribromoxylénol sur les bacilles tuberculeux.* Note de Mlle **T. Duboc**, présentée par M. Roux.

Parmi les substances chimiques halogénées que l'on a fait agir sur le bacille tuberculeux figurent peu de composés bromés. Seule, à notre connaissance, l'eau bromée [2] a été expérimentée. Il nous a donc semblé

(1) Cosmovici, *Thèse de la Faculté des Sciences*, n° 1569, série A, n° 782 (Paris, A. Schulz, éditeur, année 1915).

(2) Parrot et Hypp. Martin.

intéressant d'étudier l'action d'un composé cyclique bromé : le tribromoxylénol sur les différents bacilles tuberculeux.

Nos expériences ont porté sur des bacilles bovins (Vallée) stérilisés à 100°, desséchés à 38° et conservés depuis six mois; des bacilles bovins (Behring), des bacilles humains (Cl), des bacilles aviaires (poule), âgés de 3 semaines en culture sur bouillon glycériné.

Les bacilles desséchés sont triturés dans un mortier stérilisé avec de l'eau distillée stérilisée. Après 20 minutes de contact, l'émulsion est décantée. Deux anses de platine du dépôt sont prélevées et émulsionnées dans 5^{cm^3} de tribromoxylénol (tube d'expérience). Deux autres anses de platine du dépôt sont émulsionnées dans 5^{cm^3} d'eau distillée stérilisée (tube témoin).

Pour les bacilles frais, deux anses de platine de bacilles sont prélevées à la surface du voile microbien et mises en émulsion dans 5^{cm^3} de tribromoxylénol (tube d'expérience). Deux anses de platine de bacilles sont de même mises en émulsion dans 5^{cm^3} d'eau distillée stérilisée (tube témoin).

Au contact du tribromoxylénol, une partie des bacilles se dissout presque immédiatement.

Les bacilles montent à la surface du liquide, où ils forment une couche jaunâtre à la fois mousseuse et visqueuse, diminuant peu à peu de hauteur, tandis que le liquide s'éclaircit.

Avec le bacille bovin desséché, au bout de 145 jours, il reste encore à la surface du liquide quelques rares amas bacillaires.

Avec le bacille bovin humide de 3 semaines, au bout de 19 jours, il ne reste plus microscopiquement aucun bacille dans le liquide qui est redevenu parfaitement clair et limpide.

Avec le bacille humain humide de 3 semaines, la dissolution est complète en 13 jours.

Avec le bacille aviaire, la couche mousseuse fait place, au bout de 5 jours, à un voile visqueux blanchâtre, homogène, qui diminue peu à peu, mais au bout de 32 jours, il en reste encore quelques fragments.

Des prélèvements dans le tube d'expérience et le tube témoin sont faits au bout de temps variables.

Les bacilles provenant des tubes d'expérience sont étalés sur lames soit directement, soit après lavage à l'eau ou à l'alcool à 70°. (Dans ces trois cas, les résultats observés ont été les mêmes.) Les lames sont fixées à l'alcool-éther qui dissout le tribromoxylénol.

Microscopiquement, après coloration par la méthode de Ziehl-Neelsen et décoloration par le chlorhydrate d'aniline à 2 pour 100, on assiste,

comme dans les expériences de M. Salimbeni [1], à la disparition progressive de l'acido-résistance des bacilles.

Elle est complète au bout de 60 minutes avec les bacilles bovins secs, 30 minutes avec les bacilles bovins humides de 3 semaines, 60 minutes avec les bacilles humains humides de 3 semaines, 90 minutes avec les bacilles aviaires humides de 3 semaines.

Plus de formes bacillaires nettes au bout de 13 jours avec les bacilles bovins humides de 3 semaines, 6 jours avec les bacilles humains humides de 3 semaines.

Elles sont encore visibles, quoique très altérées, au bout de 32 jours avec les bacilles aviaires humides, 145 jours avec les bacilles bovins secs.

Après coloration par la méthode de Fontès, les bacilles traités par le tribromoxylénol montrent des granulations flous, peu nettes. Puis ces granulations gonflent, grossissent et disparaissent.

La méthode de Much donne des résultats analogues.

Disparition de l'acido-résistance, des formes bacillaires, puis dissolution complète : telle est l'action du tribromoxylénol sur les bacilles tuberculeux. Son action est moins rapide sur les bacilles aviaires que sur les bacilles humains et bovins du même âge.

La toxicité du tribromoxylénol fait actuellement l'objet de nos recherches.

HYGIÈNE. — *Influence de l'humidité et de l'état vésiculaire sur la diffusion des gouttelettes microbiennes dans l'air.* Note [2] de M. A. **Trillat**, présentée par M. Roux.

Les expériences de Flügge et de ses élèves leur ont permis de conclure que les gouttelettes microbiennes provenant de l'acte de parler ou d'une pulvérisation étaient capables d'ensemencer des terrains de culture à une distance peu éloignée du point d'émission. Les résultats sont tout autres si l'on fait intervenir dans ces essais, l'humidité, sa forme vésiculaire et la composition chimique de l'air. Dans ces conditions, les gouttelettes émises peuvent être transportées à une grande distance et se répandre rapidement

(1) Salimbeni, *Comptes rendus*, t. 155, 1912, p. 368.
(2) Séance du 24 juillet 1922.

dans toutes les directions de l'espace, ensemençant les terrains de culture et les animaux placés dans les coins les plus reculés comme s'il s'agissait d'un contage volatil.

Les essais, dont le détail sera donné ailleurs, ont été faits tantôt dans de vastes locaux fermés dont le volume variait de 600^{m^3} à 4000^{m^3}, tantôt à l'air libre. Dans le premier cas, les milieux de culture et les animaux étaient disséminés dans tous les sens, à des hauteurs différentes et dans des endroits d'un accès difficile. Les boîtes de Petri pouvaient être ouvertes et fermées du dehors au moyen d'un dispositif spécial.

Le nuage microbien était obtenu par la pulvérisation d'une culture en bouillon de 24 heures (microbes choisis : proteus, prodigiosus, pneumocoque, paratyphique). La quantité pulvérisée a varié suivant les cas de $0^{cm^3},020$ à 50^{cm^3}, soit une dilution qui atteignait parfois un cent-milliardième en rapportant le volume de l'émulsion au volume de l'air du local.

L'humidification de l'air était obtenue par l'évaporation d'une quantité déterminée d'eau; on en faisait varier la composition en y introduisant des traces infinitésimales de gaz aliments (produits gazeux de la respiration, pulvérisation de quelques centimètres cubes de bouillon, etc.). Enfin les essais ont été faits tantôt en présence de brouillards naturels, tantôt en présence de brouillards artificiels.

Voici le résumé très succinct des observations faites sur un grand nombre d'essais :

I. Le transport au loin des microbes dans l'air dépend tout d'abord de la ténuité des gouttelettes microbiennes. D'après mes évaluations, 98 à 99,5 pour 100 de gouttelettes provenant d'un pulvérisateur ordinaire ont une dimension supérieure à 2^{μ} ou 3^{μ} : elles tombent dans un voisinage de quelques mètres du point d'émission. Ce sont surtout ces gouttelettes constitués par des poids lourds qui ont été étudiées par Flügge et ses élèves. Le restant est formé par des gouttelettes extrêmement légères qui échappent à la pesanteur par suite de leur petitesse, se répandent dans toutes les directions, se comportant comme si elles obéissaient aux lois de la diffusion.

II. L'état vésiculaire de l'humidité exerce une grande influence sur la durée de suspension des gouttelettes microbiennes dans l'air : leur diffusion augmente à mesure que le taux d'humidité relative se rapproche de l'humidité absolue; elle atteint son maximum dans le cas de sursaturation.

III. Les gouttelettes microbiennes en suspension dans l'air sont rapidement entraînées sur le sol à la suite de toutes les circonstances qui ont pour effet de les rendre plus lourdes (dépression barométrique et refroidissement très brusques). Une pulvérisation abondante d'eau stérile dans un grand espace renfermant de nombreuses gouttelettes microbiennes a pour effet de les entraîner rapidement, et par conséquent d'en débarrasser l'air.

IV. La présence dans l'air de substances susceptibles de jouer le rôle d'aliment vis-à-vis des microbes a facilité leur diffusion. J'avais déjà montré par mes expériences en petit l'action conservatrice de certaines émanations sur les microbes en suspension dans l'air.

V. La diffusion des microbes dans un local de 2000^{m^3}, à une température uniforme de 12° et à 70° hygrométrique, a pu être évaluée à une vitesse de 10^m par minute. Cette diffusion s'exerce dans tous les sens, avec une rapidité aussi grande que celle des vapeurs de formol ou que celle des parfums usuels, prises comme termes de comparaison.

VI. On observe une translation plus grande et plus rapide des germes dans la direction de la paroi la plus froide. Le contraire se produit pour les parties chaudes (cas de boxes installés dans le local d'expériences et dont l'air était légèrement chauffé par une plaque métallique placée sur le sol). C'est la conséquence de la convection et du mouvement tourbillonnaire de l'air.

VII. L'aspect et la disposition des colonies sur le terrain de culture sont très différents selon la constitution de l'air. Dans un air relativement sec, les colonies ont un aspect homogène et sont espacées régulièrement. Au contraire, quand on opère dans les conditions favorisantes indiquées ci-dessus, on observe souvent sur les plaques, à côté de colonies, des taches irrégulières formées par des rassemblements microbiens. L'examen microscopique de ces taches, qui n'apparaissent en général que plusieurs heures après les colonies normales, indique qu'elles sont formées d'une quantité infinie de petites colonies : les photographies de ces plaques avec leurs nébulosités offrent une grande analogie avec les photographies stellaires. On peut trouver de pareils rassemblements à plus de 150^m du point d'émission du nuage. J'ai déjà eu l'occasion de signaler ces rassemblements microbiens, qui ne se produisent que dans des circonstances bien déterminées.

Diverses causes peuvent être invoquées pour expliquer ces rassemblements : fractionnement des gouttelettes microbiennes; ensemencement des gouttelettes d'eau normalement contenues dans l'atmosphère ; état électrique de l'air, etc. [1].

VIII. Les résultats des expériences en grand sur les animaux ont également confirmé les essais sous cloches. Les souris exposées dans divers points

---

[1] *Action de la radioactivité de l'air sur les gouttelettes microbiennes* (*Comptes rendus*, t. 159, 1914, p. 817).

d'un local de 600$^{m^3}$ ont fourni une mortalité qui, pour la même quantité d'émulsion de paratyphique (5$^{cm^3}$) mise sous forme de nuage, a varié de 0 à 20 pour 100 pour un air de moins de 45° hygrométrique et de 20 à 95 pour 100 pour un air saturé ou sursaturé d'humidité.

En résumé, toutes ces expériences montrent que dans certaines conditions atmosphériques, les gouttelettes microbiennes produites par une intervention mécanique (pulvérisation, toux, parole, etc.) peuvent être transportées à une distance bien plus grande que celle qui leur avait été assignée par certains auteurs auxquels le rôle de l'humidité et celui de son état vésiculaire avait échappé. Elles expliquent une fois de plus l'influence des facteurs météorologiques dans l'épidémiologie et le parti que l'on pourrait tirer de leur interprétation dans le domaine de l'hygiène.

La séance est levée à 16 heures.

A. Lx.

ERRATA.

(Séance du 24 juillet 1922.)

Note de M. *Farid Boulad Bey*, Sur la recherche géométrique des efforts intérieurs et des déplacements autour d'un point dans un corps élastique :

Page 208, ligne 13, *au lieu de*

$$z = m\frac{2}{\cos\alpha} + n\frac{2}{\cos\gamma} + p,$$

lire

$$z = m\,\overline{\cos\alpha} + n\,\overline{\cos\gamma}^{2} + p.$$

Note de M. *Octave Mengel*, Sur la chute des poussières dites « pluies de sang »; remarque relative à la neige colorée du 12 mars 1922 en Briançonnais :

Page 226, ligne 15, *au lieu de* Cahors en provenance de Château-Landon, *lire* Pel-et-Der en provenance de Château-Landon; ligne 23, *au lieu de* premières, *lire* poussières.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

OUVRAGES REÇUS DANS LES SÉANCES DE JUILLET 1922.

Éducation et enseignement. Notes et discours, par PAUL APPELL. Paris, Félix Alcan, 1922; 1 vol. 19cm.

Donations et fondations d'anciennes familles champenoises et bourguignonnes (1175-1906) *par un de leurs descendants*, par REGNAULT DE BEAUCARON. Paris, Plon-Nourrit, 1907; 1 vol. 25cm. (Présenté par M. G. Lemoine.)

Souvenirs intimes du XVIIe *siècle à nos jours*, par REGNAULT DE BEAUCARON. Paris, Plon-Nourrit, 1916; 1 vol. 25cm. (Présenté par M. G. Lemoine.)

Trois jours en Blésois et en Orléanais. Souvenirs de famille, par REGNAULT DE BEAUCARON. Blois, R. Duguet, 1922; 1 vol. 25cm. (Présenté par M. G. Lemoine.)

Ministère de l'Instruction publique. *Mission du Service géographique de l'Armée pour la mesure d'un arc de méridien équatorial en Amérique du Sud* (1899-1906). Tome 6 : *Ethnographie ancienne de l'équateur*. 2e fascicule. Paris, Gauthier-Villars, 1922; 1 vol. 28cm.

The free-living unarmored dinoflagellata, by CHARLES ATWOOD KOFOID and OLIVE SWEZY. *Memoirs of the University of California*. Volume 5. Berkeley, University of California press, 1921; 1 vol. 34cm.

Cours d'Électricité générale de l'École navale : Tome I : *Courants continus*. Première Partie : *Électrocinétique, Électromagnétisme, appareils de mesure, aimantation induite*. — Tome II : *Courants continus*. Deuxième Partie : *Circuits magnétiques, induction, dynamos et moteurs à courant continu*, par L. HAUDIÉ. Paris, Augustin Challamel, 1921 et 1922; 2 vol. 25cm. (Présenté par M. D. Berthelot.)

Liste des algues marines de Nice, par A. CAMOUS. Nice, Imprimerie de l'*Éclaireur de Nice*, mars 1921; 1 fasc. 24cm. (Présenté par M. D. Berthelot.)

Catalogue des roches et des minéraux de la collection A. Camous, Nice. Nice, l'imprimerie, 1920; 1 fasc. 24cm. (Présenté par M. D. Berthelot.)

Das Geschlecht und die entwickelung der Geschlechtsmerkmale, par M. ZAWADOWSKY. Moscou, 1921; 1 vol. 25cm.

Discours et mélanges, par ÉMILE PICARD. Paris, Gauthier-Villars, 1922; 1 vol. 23cm.

Madagascar. Les bois de la forêt d'Analamazaotra, par HENRI LECOMTE. Paris, Challamel, 1922; 1 vol. 33cm.

(*A suivre.*)

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU MERCREDI 16 AOUT 1922.

PRÉSIDENCE DE M. ÉMILE ROUX.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

HYDRAULIQUE. — *Au sujet des dépressions résultant d'une rupture dans une conduite forcée.* Note [1] de M. DE SPARRE.

Cette question a été abordée par plusieurs auteurs [2], mais ils l'ont traitée en supposant qu'après la rupture il s'est produit un nouveau régime permanent dans lequel, H étant la hauteur de chute, la vitesse de régime, qui était primitivement v_0, est devenue égale à $\sqrt{2gH}$, g désignant la gravité. Or la vitesse de l'eau dans la conduite ne peut passer de la valeur v_0 à la valeur beaucoup plus grande $\sqrt{2gH}$ sans passer par un état intermédiaire qu'il est indispensable d'étudier pour se rendre compte du phénomène.

Il se produit, au moment de la rupture, un coup de bélier négatif.

Soient y la pression, en colonne d'eau, au point où se produit la rupture, v la vitesse de l'eau en ce point après la rupture, y_0 et v_0 les valeurs de y et de v avant la rupture, a la vitesse de propagation, l la longueur de la conduite, depuis le point de rupture jusqu'à la prise d'eau. On devra, en négligeant la partie de la conduite au-dessous du point de rupture, considérer des périodes de durée $\theta = \frac{2l}{a}$ et l'on aura, par la théorie du coup

---

[1] Séance du 31 juillet 1922.

[2] ROUTIN, *Cours d'hydraulique industrielle*, deuxième Partie, p. 30. — FERRAUD, *Houille blanche*, mai-juin 1922.

de bélier,

(1) $$y = y_0 + F(t) - F(t - \theta),$$

(2) $$v = v_0 - \frac{g}{a}[F(t) + F(t - \theta)],$$

où

$$F(t) = 0 \quad \text{pour} \quad t \leqq 0.$$

Mais l'écoulement se faisant, dans le cas d'une rupture, à gueule bée, la vitesse près de la rupture sera la même dans la conduite qu'à la sortie, où elle se fait sous la pression atmosphérique. Il faudra donc, après la rupture, que l'on ait $y = p_0$, p_0 étant la pression atmosphérique en colonne d'eau. Comme d'ailleurs

$$y_0 = p_0 + H,$$

on aura

(3) $$F(t) - F(t - \theta) = -H.$$

Donc pour la première période

$$F(t) = -H,$$

et par suite, pour la $n^{\text{ième}}$,

(4) $$F(t) = -nH.$$

On aura alors par la formule (2)

(5) $$v = v_0 + \frac{(2n - 1)gH}{a}.$$

On voit, qu'au point de rupture, le coup de bélier négatif est constant et égal à $-$ H.

Si l'on considère maintenant un point de la conduite situé à une distance x du point de rupture, on a pour le coup de bélier Y, en ce point ([1]),

$$Y = F\left(t - \frac{x}{a}\right) - F\left(t - \theta + \frac{x}{a}\right).$$

Par suite, pour la $n^{\text{ième}}$ période pour laquelle

$$t = (n - 1)\theta + \tau \quad \text{avec} \quad 0 < \tau \leqq \theta,$$

1° Si

$$0 < \tau \leqq \frac{x}{a},$$

([1]) *Bulletin de la Société hydrotechnique*, n° 1, p. 4.

on a

$$F\left(t-\frac{x}{a}\right)=-(n-1)H,\qquad F\left(t-\theta+\frac{x}{a}\right)=-(n-1)H;$$

donc

$$Y=0.$$

2° Si

$$\frac{x}{a}<\tau\leqq\theta-\frac{x}{a},$$

on a

$$F\left(t-\frac{x}{a}\right)=-nH,\qquad F\left(t-\theta+\frac{x}{a}\right)=-(n-1)H,$$

et par suite

$$Y=-H.$$

3° Si

$$\theta-\frac{x}{a}<\tau\leqq\theta,$$

on a

$$F\left(t-\frac{x}{a}\right)=-nH,\qquad F\left(t-\theta+\frac{x}{a}\right)=-nH$$

et, par suite,

$$Y=0.$$

On voit que le coup de bélier est égal à 0 lorsque τ varie de 0 à $\frac{x}{a}$ et de $\theta-\frac{x}{a}=\frac{2l-x}{a}$ à θ; donc pendant un temps égal à $\frac{2x}{a}$. Il est, au lieu de cela, égal à $-$ H lorsque τ varie de $\frac{x}{a}$ à $\theta-\frac{x}{a}=\frac{2l-x}{a}$; donc pendant un temps égal à $2\frac{l-x}{a}$.

Ceci suppose toutefois que la hauteur de chute n'est pas supérieure à 10^{m} environ [1].

En effet, le coup de bélier négatif devenant égal à $-$ H en un point quelconque de la conduite, la pression en un point, où la pression statique est y'_0, deviendra au moment du coup de bélier

$$y'_0-H,$$

et si h est la tension maxima de la vapeur d'eau en colonne d'eau, pour qu'il ne se produise pas de vide en ce point, il faudra

$$y'_0-H>h.$$

---

[1] La pression atmosphérique diminuée de la tension maxima de la vapeur d'eau à la température de l'eau de la conduite, exprimées en colonne d'eau.

Or, dans le voisinage de la prise d'eau, y'_0 sera en général peu supérieur à la pression atmosphérique et, pour qu'il ne se produise pas de vide, il faudra que H ne dépasse pas 10^m environ.

On doit remarquer que, même pour H un peu inférieur à 10^m, il peut se produire un vide par suite du dégagement de l'air dissous dans l'eau.

Si $H > y'_0 - h$ en un point de la conduite, il se produira un vide dans la conduite et le mouvement s'y fera sous une pression constante égale à h, mais ce sera très généralement un mouvement tumultueux, tant par suite des changements de pente de la conduite que par suite des ressauts qui peuvent s'y produire.

On voit que le coup de bélier négatif, dans l'hypothèse où il ne s'y produit pas de vides, devient égal à — H en tout point de la conduite; mais en un point situé à une distance x du point de rupture, il ne garde cette valeur que pendant un temps égal à $2\frac{l-x}{a}$ (1) et le reste du temps la pression est la pression statique.

On conclut de là que des reniflards ou ventouses placées à l'origine d'une conduite peuvent être inefficaces pour prévenir les phénomènes d'aplatissement dans les parties de faibles épaisseurs à la suite d'une rupture, leur durée d'action étant beaucoup trop courte.

M. G. Bigourdan fait hommage à l'Académie du n° 4, Tome I, du *Bulletin horaire du Bureau international de l'heure* (*B. I. H.*).

M. J. Bergonié s'exprime en ces termes :

En déposant sur le bureau de l'Académie le texte de la Conférence *sur l'organisation régionale de la lutte contre le cancer*, que je viens de faire au Sénat devant les Commissions d'Hygiène réunies de la Chambre et du Sénat, je tiens à dire encore ici combien il est urgent d'organiser cette lutte contre le cancer par tous les moyens. L'organisation à Paris est déjà assez avancée, grâce au Laboratoire du Radium (Dr Regaud), grâce aussi à certains services hospitaliers comme celui du Dr Proust, à Tenon. Mais en province rien de semblable n'existe. Or la mortalité par cancer s'accroît en France comme partout, comme aux États-Unis par exemple, où elle a dépassé, d'après des statistiques dignes de foi, celle de la tuberculose.

---

(1) Donc très court si x est voisin de l.

Le Ministre actuel de l'Hygiène, M. Strauss, a vu à Bordeaux une organisation de lutte anticancéreuse bien incomplète ; malgré tout, il lui a semblé qu'on devait l'encourager et la perfectionner et, par une circulaire récente, il a fait de cette organisation le premier centre régional de lutte contre le cancer.

D'autres centres sont déjà en projet ; espérons que l'attention des Pouvoirs publics ainsi attirée, nous pourrons bientôt lutter efficacement contre ce fléau social qui enlève à notre pays plus de quarante mille existences annuellement.

CORRESPONDANCE.

M. le **Ministre de la Guerre et des Pensions** invite l'Académie à lui désigner deux de ses Membres qui occuperont, dans le *Conseil de perfectionnement de l'École Polytechnique*, les places vacantes par l'expiration des pouvoirs de MM. H. Deslandres et H. Le Chatelier, Membres sortants et rééligibles.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

Observatoire Jarry-Desloges (Sétif). *Observations des surfaces planetaires Mars — Saturne — La Lune — Vénus — Mercure — Jupiter.* Fascicule V, années 1915 et 1916. (Présenté par M. G. Bigourdan.)

MÉCANIQUE. — *Sur l'intégration des équations de la Balistique dans des conditions générales de la résistance.* Note (1) de M. **Kyrille Popoff**, transmise par M. Hadamard.

Considérons le mouvement d'un point dans un milieu résistant. Sur la loi $\Phi(v)$ de la résistance pour l'unité de masse, nous ne faisons que les hypothèses suivantes très générales : 1° $\Phi(v)$ est une fonction positive et croissante pour les valeurs positives de v; 2° elle s'annule pour $v=0$, et 3° $\frac{\Phi(v)}{v}=f(v)$ peut être développé suivant les puissances positives et entières de v.

(1) Séance du 31 juillet 1922.

Nous choisissons la bouche du canon pour l'origine, l'axe des x étant dirigé suivant la vitesse initiale et l'axe des y suivant la verticale descendante. On a pour les équations du mouvement

$$\frac{dx'}{dt} = -x' f(v), \qquad \frac{dy'}{dt} = g - y' f(v)$$

avec les conditions initiales $x = 0$, $y = 0$, $x' = v_0$, $y' = 0$ pour $t = 0$. Ici, la vitesse v est donnée par $v^2 = x'^2 + y'^2 - 2x'y' \sin\alpha$, où x' et y' sont les dérivées de x et y par rapport à t et α l'angle que fait la vitesse initiale avec l'horizon.

On établit facilement : 1° que x' et y' restent positives et finies; 2° que pour $|\sin\alpha| < 1 - \varepsilon$, où ε est une petite quantité positive, la distance du point (x', y') à l'origine du plan (x', y') reste supérieure à une quantité positive et que 3° la trajectoire a une asymptote verticale.

Dans ces conditions v et $f(v)$ seront des fonctions holomorphes de x', y' et $\sin\alpha$ autour de chaque point de la trajectoire et d'après un théorème de Poincaré approfondi par les travaux de MM. Picard, Hadamard, v. Escherich, Lindelöf et d'autres, il existe un t_1 tel que pour toute valeur de $t \leqq t_1$ les intégrales x' et y' seront des fonctions holomorphes de $\sin\alpha$. En posant

$$x'_1 = x'(t_1) \qquad \text{et} \qquad y'_1 = y'(t_1)$$

et en faisant le changement de variables

$$x' = x'_1 + \xi', \qquad y' = y'_1 + \eta', \qquad t = t_1 + \tau,$$

les équations du mouvement deviennent

$$\frac{d\xi'}{d\tau} = -(x'_1 + \xi') f(v), \qquad \frac{d\eta'}{d\tau} = g - (y'_1 + \eta') f(v)$$

avec les conditions initiales $\tau = 0$, $\xi' = 0$, $\eta' = 0$.

Le même théorème de Poincaré donne maintenant que ξ' et η' sont des fonctions holomorphes de $\sin\alpha$ tant que $|\sin\alpha| < 1 - \varepsilon$ dans un intervalle déterminé de τ. Le point (x', y') restant à une distance de l'origine supérieure à une quantité positive déterminée et d'autre part l'origine étant l'unique point singulier de $f(v)$, on peut répéter cette opération à l'infini, ce qui permet d'écrire pour les valeurs de t l'intervalle $(0, +\infty)$

$$(a) \qquad \begin{cases} x' = a_0 + a_1 \sin\alpha + a_2 \sin^2\alpha + \ldots, \\ y' = b_0 + b_1 \sin\alpha + b_2 \sin^2\alpha + \ldots, \end{cases}$$

où a_n et b_n sont des fonctions de t.

Ce développement étant valable pour toute valeur de t de o à T quelque grand que soit T pourvu que $|\sin\alpha| < 1 - \varepsilon$, il existera une quantité positive M telle que pour toutes les valeurs de t de l'intervalle (o, T) on aura

$$|a_n(1-\varepsilon)^n| < M, \qquad |b_n(1-\varepsilon)^n| < M.$$

Il est clair, dès lors, qu'on peut intégrer terme à terme les séries (a) et développer x, y suivant les puissances de $\sin\alpha$.

On voit de même qu'on a des développements de la forme

$$(B)\quad \begin{cases} x = x_0 + x_1\sin^2\frac{\varphi}{2} + x_2\sin^4\frac{\varphi}{2} + x_3\sin^6\frac{\varphi}{2} + \ldots, \\ y = y_0 + y_1\sin^2\frac{\varphi}{2} + y_2\sin^4\frac{\varphi}{2} + y_3\sin^6\frac{\varphi}{2} + \ldots, \end{cases}$$

où $\varphi = \frac{\pi}{2} + \alpha$, valables pour toutes les valeurs de t et des développements analogues suivant les puissances de $\sin^2\frac{\psi}{2}\left(\psi = \frac{\pi}{2} - \alpha\right)$, valables tant que $x' > y'$.

Une fois la forme de ces développements fixée, on peut essayer d'intégrer les équations du mouvement par une intégrale de la forme (B) par exemple, ce qui donne pour la détermination des coefficients x_n et y_n le système d'équations suivant :

$$\frac{dx'_0}{dt} = -x'_0 f(x'_0 + y'_0),$$

$$\frac{dy'_0}{dt} = g - y'_0 f(x'_0 + y'_0),$$

$$\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots$$

$$\frac{dx'_n}{dt} = -x'_n f(x'_0 + y'_0) - x'_0 f'(x'_0 + y'_0)(x'_n + y'_n) + \xi_n(x'_0, x'_1, \ldots, x'_{n-1}; y'_0, y'_1, \ldots, y'_{n-1}),$$

$$\frac{dy'_n}{dt} = -y'_n f(x'_0 + y'_0) - y'_0 f'(x'_0 + y'_0)(x'_n + y'_n) + \eta_n(x'_0, x'_1, \ldots, x'_{n-1}; y'_0, y'_1, \ldots, y'_{n-1}).$$

L'intégration de ces systèmes d'équations peut être facilement ramenée à des quadratures en posant $w' = x' + y'$.

On se rend facilement compte que la convergence de ces séries est très rapide. On a par exemple

$$v = (x' + y')\sqrt{1 - \frac{4x'y'}{(x'+y')^2}\sin^2\frac{\varphi}{2}}.$$

Le facteur $\frac{4x'y'}{(x'+y')^2}$ dont la valeur varie entre o et + 1, est nul pour $t = 0$ (puisque $y' = 0$) et pour $t = \infty$ (puisque $x' = 0$).

On peut également chercher de pareils développements en Mécanique céleste.

N. B. — La transformation que nous avons faite dans notre Note précédente : *Sur l'équation générale du type elliptique* (*Comptes rendus*, t. 174, 1922, p. 731), a été faite aussi par Poincaré (*Leçons de Mécanique céleste*, t. 3) et M. Lichtenstein (*Comptes rendus*, 29 février 1909; *Math. Ann.*, t. 67). Pourtant, pour étudier les conditions dans lesquelles la solution de l'équation intégrale satisfait à l'équation aux dérivées partielles, les deux auteurs font une intégration par parties, ce qui introduit les dérivées des coefficients. Dans une Note des *Sitzungsberichte der Berliner Math. Gesellschaft*, 1915, pour se débarrasser de la condition d'existence des dérivées de ces coefficients, M. Lichtenstein emploie le procédé des approximations successives.

RADIOACTIVITÉ. — *Sur les chocs entre particules α et noyaux atomiques.* Note [1] de MM. **Pierre Auger** et **Francis Perrin**, présentée par M. G. Urbain.

On sait comment C.-T.-R. Wilson a rendu visibles les trajectoires individuelles des particules α : Si des rayons α traversent un gaz humide sursaturé par détente, il se condense de fines gouttelettes sur les ions produits. Les trajectoires sont ainsi marquées par des fils de brouillard que l'on peut photographier. Les clichés montrent que les rayons sont souvent coudés vers leur extrémité, avec parfois un « éperon » visible à l'endroit du coude. Ces déviations s'expliquent si les atomes ont leur masse concentrée en un noyau positif pratiquement ponctuel (Rutherford) : La particule α est déviée quand elle pénètre dans le champ énorme qui règne près du noyau, et celui-ci est lui-même projeté par cette répulsion, ce qui donne l'éperon. L'ensemble des rayons α, direct et dévié, et de l'éperon, forme une *fourche*.

Il y a là un précieux moyen d'investigation que nous avons utilisé, opérant le plus souvent avec deux appareils photographiques à angle droit, ce qui permet d'avoir les formes exactes. Nous avons particulièrement cherché à expérimenter dans des gaz très différents.

I. *Rayons α dans l'argon.* — Dans un gaz formé d'atomes lourds à charge nucléaire élevée, les éperons doivent être très petits et les déviations fréquentes. Nos clichés confirment ces prévisions.

Pour calculer les déviations, on peut négliger ici le déplacement du noyau

---

(1) Séance du 31 juillet 1922.

heurté. Soient Ne la charge du noyau, p la distance à laquelle la particule α s'en approcherait si elle n'était pas déviée, $2e$ et m la charge et la masse de la particule α, et v sa vitesse (au moment du choc). La déviation φ du rayon est donnée par la relation (Rutherford)

$$\tau = \operatorname{tang}\frac{\varphi}{2} = \frac{2Ne^2}{mv^2p}.$$

La probabilité d'un coude pour lequel $\operatorname{tang}\frac{\varphi}{2}$ soit compris entre τ et $\tau + d\tau$, sur un parcours dx, est par suite

(1) $$\varpi\, dx\, d\tau = \frac{8\pi N^2 e^4 n}{m^2}\,\frac{d\tau}{\tau^3}\,\frac{dx}{v^4},$$

n étant le nombre d'atomes d'argon par unité de volume.

Pour vérifier cette formule, on peut d'abord considérer les coudes situés à une même distance x de l'extrémité : le nombre de ces coudes, correspondant à un intervalle τ, $\tau + d\tau$, doit être inversement proportionnel à τ^3. Le peu de mesures faites ne permet pas une vérification précise; l'ordre de grandeur est bon, sauf pour les petits coudes (inférieurs à 2°) moins nombreux que ne le veut la loi : on observe souvent des portions de plusieurs centimètres de rayons rectilignes à 1° près, phénomène dont la probabilité serait très petite, et qui tient peut-être à l'influence des électrons satellites profonds (la distance p pour ces coudes est de l'ordre du rayon de l'anneau K).

On peut, en second lieu, de la répartition des coudes le long des rayons, déduire la relation entre la vitesse et la distance à l'extrémité. D'après la loi de Geiger, on aurait

$$v = kx^{\frac{1}{3}}.$$

Cette loi semble bien vérifiée, sauf sur les deux derniers millimètres. On obtient, en l'appliquant,

(2) $$\varpi\, dx\, d\tau = \frac{8\pi N^2 e^4 n}{m^2 k^4}\,\frac{d\tau}{\tau^3}\,\frac{dx}{x^{\frac{4}{3}}}.$$

Pour vérifier la valeur du coefficient, on calculera, par exemple, d'après les expériences, le nombre atomique N du gaz traversé : Si, sur λ rayons, on a observé ν coudes pour lesquels les valeurs de x et τ appartiennent à un certain domaine D, la valeur la plus probable pour N est donnée par

$$\frac{1}{N^2} = \frac{8\pi e^4 n}{m^2 k^4}\,\frac{\lambda}{\nu}\int\!\!\int_D \frac{d\tau}{\tau^3}\,\frac{dx}{x^{\frac{4}{3}}}.$$

L'étude de 52 rayons nous a donné ainsi $N = 19$ (au lieu de 18).

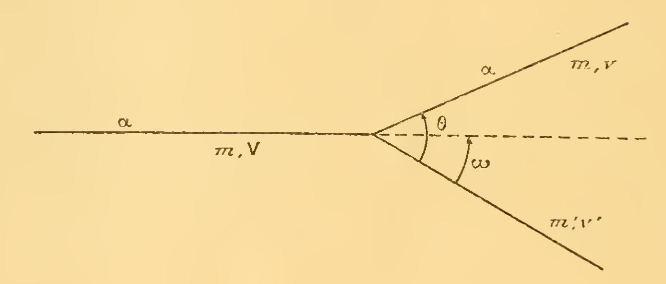
2. *Rayons α dans l'hydrogène.* — Quand la particule α heurte un noyau léger dans un gaz peu dense, l'éperon doit être important. Nos clichés montrent, en effet, dans l'hydrogène, des éperons de longueurs mesurables.

Il est raisonnable d'admettre, lors de la rencontre entre un noyau et une particule α, la conservation de la quantité de mouvement : Une conséquence immédiate est que les trois trajectoires sont dans un même plan. Ceci se vérifie toujours bien. Il doit y avoir aussi conservation de l'énergie cinétique. L'application de ces principes conduit aux relations

$$\frac{m'}{m} = \frac{\sin(\theta - \omega)}{\sin(\theta + \omega)}, \tag{3}$$

$$\frac{v'}{v} = \frac{\sin(\theta + \omega)}{\sin\omega} \tag{4}$$

(les notations étant indiquées sur la figure).



La relation (3) donne, par des mesures d'angles, le rapport de la masse m' du noyau heurté à la masse m du projectile α (¹).

Deux fourches dans l'hydrogène ont donné

$$\begin{cases} \theta = 75^\circ, \\ \omega = 66^\circ, \end{cases} \quad \text{d'où} \quad \frac{m'}{m} = 4,0 \pm 0,5; \qquad \begin{cases} \theta = 60^\circ, \\ \omega = 44^\circ, \end{cases} \quad \text{d'où} \quad \frac{m'}{m} = 3,5 \pm 1.$$

Ces fourches sont certainement dues à la rencontre d'un noyau d'hydrogène, et la vérification des principes est bonne.

Quelques autres fourches ont été obtenues en mélangeant un peu d'air à

(¹) Si m' est plus petit que m, la déviation du rayon α est toujours inférieure à $\arcsin\frac{m'}{m}$ (14°,5 dans l'hydrogène). L'égalité des masses m et m' entraîne $\theta = 90^\circ$; éperon et rayon dévié sont alors toujours perpendiculaires l'un à l'autre (rayon α dans l'hélium).

l'hydrogène : Les chocs sur les noyaux N ou O qui dans l'air ne donnent pas lieu à une projection visible du noyau montrent, dans l'hydrogène, des éperons bien nets (parcours augmentés). La mesure des angles, peu précise, donne pour la particule frappée une masse de l'ordre de 15.

La relation (4) permet, en utilisant la loi de Geiger, de tenir compte des longueurs des branches des fourches. Les fourches à éperons d'hydrogène où les parcours sont du même ordre, et celles à éperons d'air où les parcours des noyaux sont très petits, sont bien en accord avec les évaluations.

3. Nous devons signaler quelques fourches particulièrement intéressantes, pour lesquelles la quantité de mouvement semble bien se conserver (fourches planes), mais non pas l'énergie cinétique. En appliquant la formule (3) à une fourche obtenue dans l'air par Shimizu en 1921, nous trouvons 10 à 12 pour la masse du noyau heurté; de plus, le parcours de ce noyau indiquerait un pouvoir pénétrant inadmissible pour cette masse. Une des fourches que nous avons photographiées rentre aussi dans cette catégorie.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Un nouvel appareil : le Néphélectromètre.* Note (1) de M. I. Newton Kugelmass.

1. Il existe des rapports entre le degré de dispersion d'un système colloïdal et certaines de ses propriétés intrinsèques. Tout changement de ces dernières est strictement parallèle à un changement simultané dans le degré d'agrégation. Ces relations mutuelles sont si directes que la détermination des modifications de l'état d'agrégation permet de se rendre compte des modifications de certaines propriétés du système colloïdal envisagé. Ceci est confirmé par les recherches de Meyer (2) sur l'amidon, de Freundlich (3) sur les sols d'hydroxyde d'aluminium, de Arisz (4) sur la gélatine, de Lottermoser (5) sur les sols d'acide tungstique et par mes essais (6) sur la transformation du fibrinogène en fibrine. Il s'ensuit qu'on peut suivre quantitativement les changements dans le degré d'agrégation en déterminant les variations du degré de transparence du système colloïdal.

---

(1) Séance du 31 juillet 1922.
(2) *Kolloïdchemische Beihefte*, t. 5, 1913, p. 1.
(3) *Trans. Faraday Soc.*, t. 9, 1913, p. 66.
(4) *Kolloïdchemische Beihefte*, t. 7, 1915, p. 1.
(5) *Kolloïd-Zeitschrift*, t. 15, 1914, p. 145.
(6) Ces expériences seront publiées prochainement dans un autre Recueil.

On y arrive aisément au moyen d'un nouvel appareil, le *néphélectromètre*. Il se compose de trois parties principales : une lampe électrique (b), une cuve h, une cellule photo ou thermoélectrique (k), réunies de façon à former un bloc (a) qu'on introduit dans une étuve (m) à température constante.

La lampe électrique (b), d'intensité faible et constante, est placée dans une petite chambre métallique (e), noircie à l'intérieur au moyen de fumée de camphre. Un peu au delà de la lampe (b) se trouve, à la surface interne de la chambre, une rainure dans laquelle on glisse un filtre à lumière monochromatique (f), situé parallèlement aux faces antérieure et postérieure de la chambre. On emploie ce filtre lorsqu'on opère avec des solutions colloïdales colorées. La face antérieure de la chambre (e) est munie d'une ouverture dans laquelle s'enchâsse une lentille convexe (g) destinée à obtenir des rayons parallèles. La lampe (b) est reliée à un circuit (c) de 110 volts et à une clé (d).

Les deux faces de la cuve (h) sont parallèles et pourvues à leur centre d'une ouverture circulaire. Cette cuve est, en outre, percée à sa partie supérieure d'un trou fermé par un bouchon rodé (i) qui sert à y introduire la solution colloïdale étudiée, à travers laquelle les rayons de lumière doivent passer.

La cellule photo ou thermoélectrique (k), de sensibilité constante, a les mêmes dimensions que la cuve (h). Le diamètre de la partie sensible de cette cellule est le même que le diamètre de la portion transparente de la cuve. Cette cellule (k) est reliée à un millivoltmètre (l) qui mesure l'« indice de transparence ».

On commence par déterminer le nombre de secondes nécessaires pour obtenir une déviation de l'aiguille du millivoltmètre correspondant à cent divisions, lorsque la cuve renferme de l'eau distillée. On le prend comme unité du « degré de transparence » I. On remplace ensuite l'eau distillée par la solution colloïdale étudiée. On laisse agir la lumière pendant le même nombre de secondes que dans l'essai avec l'eau. On note la déviation maxima de l'aiguille du millivoltmètre I′. $\frac{I'}{I}$ donne l'indice de transparence.

Dans nos expériences nous nous sommes servi d'une pile thermoélectrique d'Elliott, constituée par un couple fer-constantan de $0^{mm},1$ de diamètre. Nous avons d'abord recherché les limites de la durée d'exposition à la lumière permettant, avec cette pile, d'obtenir des résultats concordants dans plusieurs essais néphélectrométriques successifs.

La cuve contient de l'eau distillée à 39° C.

Laps de temps (en minutes) écoulé entre deux essais (¹).	La pile reste exposée à la lumière pendant t secondes.			
	12 secondes.		20 secondes.	
0	$\alpha = 100$	$\frac{\alpha}{t} = 8,5$	$\beta = 168$	$\frac{\beta}{t} = 8,4$
5	100	8,5	170	8,5
10	100	8,5	169	8,45
20	100	8,5	168	8,4
30	100	8,5	168	8,4

De ce Tableau il résulte que la pile thermoélectrique employée donne, pour une faible durée d'exposition à la lumière, des variations suffisamment grandes au galvanomètre, qui sont rigoureusement proportionnelles au temps d'exposition. Il n'en est plus ainsi dès que l'exposition de la pile thermoélectrique à la lumière dépasse 20 secondes.

2. La méthode précédente peut être utilisée pour suivre les changements physiques qui se produisent dans certains systèmes colloïdaux. L'exemple suivant est emprunté à une expérience de coagulation de fibrinogène.

Milieu examiné.	Déviation du galvanomètre en 12 secondes.
Eau distillée (témoin) à 39° C	100
Fibrinogène + thrombine :	
De suite	67
Après 5 minutes	66
» 10 »	62
» 15 »	56
» 20 »	47
» 25 »	36
» 30 »	26
» 37 »	26
» 40 » (caillot)	23
Après rétraction du caillot	82

Conclusion. — Le néphélectromètre peut servir pour comparer diverses solutions colloïdales en se basant sur leur indice de transparence et peut être employé à l'étude des modifications de la stabilité de solutions colloïdales.

(¹) La solution restant dans l'obscurité entre deux essais, abstraction faite du petit nombre de secondes nécessaires pour le fonctionnement de la pile thermoélectrique.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Mesure de la pression des « fluides superficiels ». Étude détaillée de l'acide oléique.* Note [1] de M. A. MARCELIN.

Je me suis déjà efforcé [2] de préciser la notion de « pression superficielle » qu'exercent dans leur plan les « fluides superficiels » ou « fluides à deux dimensions » constitués par la matière étendue sur l'eau en couches minces dont l'épaisseur statistique est de l'ordre des dimensions moléculaires (acide oléique, gomme-gutte, camphre, menthol, isobutylcamphol, etc.).

Je me suis proposé, pour saisir le détail des phénomènes, de construire un « manomètre superficiel » très sensible permettant des mesures rapides; la rapidité est indispensable, les molécules du fluide pouvant se transformer rapidement sous l'action d'impuretés présentes dans l'air ou dans l'eau.

Les nouvelles expériences ont confirmé l'existence d'une « pression de saturation superficielle » et montré la continuité entre les états successifs du fluide superficiel depuis la saturation jusqu'à l'extrême dilution.

PRINCIPE ET DESCRIPTION DE L'APPAREIL. — La pression superficielle (généralement inférieure à 30 dynes par centimètre) est mesurée par la flexion d'une longue et mince bande de mica (longueur 12^{cm}, largeur 12^{mm}, épaisseur $\frac{5}{100}$ de millimètre). Cette lame est tendue entre les extrémités des branches d'un étrier constitué par une bande de laiton de 2^{mm} d'épaisseur, deux fois coudée en angle droit, de façon à former un U. Les branches de l'étrier sont prolongées par deux bandes de caoutchouc de 1^{mm} d'épaisseur dont les extrémités libres sont collées aux extrémités de la bande de mica; les prolongements de caoutchouc jouent un rôle analogue aux « jumelles » des ressorts de voitures.

Maintenu par un support pourvu de crémaillères et vis de réglage, l'étrier, placé horizontalement, est à demi immergé; le plan de la bande de mica est alors perpendiculaire à la surface de l'eau. L'étrier et la bande de mica délimitent sur l'eau une surface de 40^{cm^2}, comparable à l'espace vide d'une cellule de baromètre anéroïde.

La flexion du mica est amplifiée et mesurée par le déplacement d'un *spot* réfléchi par un petit miroir mobile autour d'un axe vertical.

L'appareil peut déceler des variations de pression égales à 0,1 dyne-cm.

PRESSION DE SATURATION SUPERFICIELLE DE L'ACIDE OLÉIQUE. — L'eau est contenue dans une cuve en émail de $45^{cm} \times 14^{cm}$, peu profonde, à bords paraffinés. La cuve est remplie jusqu'aux bords; le manomètre occupe l'une de

(1) Séance du 31 juillet 1922.

(2) *Comptes rendus*, t. 173, 1921, p. 38 et 79.

ses extrémités; partant de l'extrémité opposée, une bandelette de papier paraffiné, posée à plat sur la surface et formant piston, peut comprimer le fluide superficiel.

Par attouchements successifs de la surface avec un agitateur, plongé dans un flacon contenant de l'acide oléique, puis incomplètement essuyé, on dépose sur la surface des quantités croissantes de matière qui s'étendent et forment sur la surface un fluide statistiquement homogène. Partant de O, la pression après chaque attouchement augmente d'une quantité finie, puis atteint une limite. A partir de ce moment les nouvelles quantités de matière déposées sur la surface ne s'étendent plus : une grosse goutte d'huile se forme alors sur la surface en un disque lenticulaire. *La pression de saturation superficielle est comparable à la tension maxima d'une vapeur saturante; elle est caractéristique de l'équilibre entre le fluide superficiel (phase à deux dimensions), et la matière condensée (phase à trois dimensions). Lorsqu'on comprime le fluide en déplaçant la bandelette-piston, il se produit une condensation de matière, et inversement* (¹).

Nous nous sommes proposé de vérifier que la pression reste constante lorsque, par translation de la bandelette, on comprime ou détend le fluide en équilibre avec la phase condensée; nous avons observé ceci :

1° *Compression.* — La pression s'élève un peu durant la translation de la bandelette, puis, après l'arrêt de cette dernière, redescend rapidement et se fixe un peu en dessus de la pression de saturation.

2° *Détente.* — La pression s'abaisse un peu durant la translation de la bandelette, puis, après arrêt de cette dernière, remonte rapidement et se fixe un peu en dessous de la pression de saturation. Les écarts relatifs entre les pressions finales, après compression et après détente, et la pression de saturation sont de l'ordre de $+\frac{1}{20}$ et $-\frac{1}{20}$. L'équilibre est comparable à celui d'un pendule à tige rigide dont l'axe subit un frottement.

Compression et détente d'un fluide superficiel non saturant. Hystérésis. — Même dispositif expérimental que précédemment; mais la quantité d'acide oléique est trop faible pour recouvrir entièrement la surface d'une couche de molécules juxtaposées.

1° Par compression, la pression, nulle au début, croît lentement et progressivement, puis de plus en plus vite, et tend vers la limite correspondant à la saturation.

(¹) L'épaisseur statistique du fluide saturé est double environ de l'épaisseur des molécules supposées sphériques (A. Marcelin, *Ann. de Phys.*, 1913).

2° Par détente, la pression suit des variations inverses.

Si dans les deux cas on trace les courbes $P_1 = f(s)$ et $P_2 = f(s)$, courbes des pressions en fonction des surfaces, on voit que la courbe (2) se place en dessous de la courbe (1). Les deux courbes se rencontrent asymptotiquement, suivant le palier de saturation et suivant l'axe des abscisses. L'ensemble des deux courbes forme un cycle d'hystérésis de même allure que les cycles d'hystérésis magnétiques.

D'après les expériences bien connues de M. Devaux, on aurait pu s'attendre à ce que la courbe présentât un seuil bien défini correspondant à « l'extension maxima » ou juxtaposition des molécules. Il n'en est rien : *dans le cas de l'acide oléique tout au moins, il n'y a pas plus d'extension maxima qu'il n'y a de limite à l'expansion d'un gaz. C'est la sensibilité des appareils qui fixe la limite d'extension pour laquelle la pression est encore décelable. La pression de saturation est la seule constante physique caractéristique.*

Une contradiction apparente reste donc à expliquer. Dans les expériences de M. Devaux, un souffle faible ayant rassemblé les molécules, on observe le contour de la surface qu'occupent les grains de talc. Faiblement comprimé, le fluide se trouve alors dans un état correspondant à la région de la courbe $P = f(s)$ où celle-ci monte rapidement, de sorte que c'est à peine si l'on réduit la surface en soufflant plus fort : d'où l'apparence d'une extension maxima.

Altération des fluides superficiels. — Les expériences sur l'acide oléique doivent être rapides, car cette substance s'altère au contact des milieux ambiants ; on constate en effet que la pression superficielle de l'acide oléique saturé augmente en fonction du temps, rapidement d'abord, puis de plus en plus lentement, et qu'elle se fixe enfin. La variation totale atteint $\frac{1}{6}$ de la pression initiale au bout de 20 minutes.

L'altération n'est certainement pas due à l'influence de l'air (oxydation), car l'allure des phénomènes n'est nullement modifiée lorsqu'on répète les expériences dans une enceinte pleine de gaz carbonique.

MORPHOLOGIE. — *Signification morphologique de la pseudobranchie des Téléostéens.* Note (1) de M. F. Granel, transmise par M. Henneguy.

La pseudobranchie est un organe homologue des feuillets branchiaux, et qui présente avec eux d'étroites relations génétiques et morphologiques, bien qu'elle prenne très rapidement un développement adaptif très particulier.

Götte, tenant grand compte de l'origine entodermique de l'épithélium des bourgeons pseudobranchiaux, tandis que celui des bourgeons branchiaux est ectodermique, pensait que les deux organes n'étaient pas entièrement homologues. C'est là une question très secondaire puisque cet épithélium ne joue aucun rôle important dans la constitution des lamelles pseudobranchiales qui se distinguent toutes par la possession d'un épithélium propre acidophile, d'origine mésodermique. Mais un fait des plus intéressants, c'est que la pseudobranchie et les feuillets branchiaux empruntent leur tissu vasculaire propre à un germe mésodermique commun. Dans un alevin de Carpe de 3^{mm}, il existe dans toute la longueur de la région branchiale une ébauche mésodermique syncytiale qui se continue en avant jusque derrière l'hyomandibulaire, en se repliant en dedans, à la place même qu'occupera la pseudobranchie.

Ce germe fournira la plus grande partie du matériel mésodermique des lames et des lamelles, et si des cellules migratrices s'y ajoutent par la suite, c'est lui incontestablement qui donnera les lamelles vasculaires caractéristiques de ces organes. Il y a donc lieu d'admettre la communauté d'origine des lamelles vasculaires branchiales et pseudobranchiales. Mais, comme on l'a vu, une différence très précoce s'établit entre les unes et les autres et, dès leur début même, les lamelles vasculaires pseudobranchiales se caractérisent par une acidophilie très marquée qui fait entièrement défaut aux autres. De plus le comportement des lamelles est bien différent. Sans parler de la formation de l'épithélium acidophile, propre à la pseudobranchie, les rapports des lamelles pseudobranchiales avec l'épithélium branchial et avec le monde extérieur sont tout à fait particuliers. Dans certains cas la pseudobranchie a ses lamelles libres dans la cavité branchiale et recouvertes chacune, individuellement, par l'épithélium de cette dernière, c'est la pseudobranchie libre (*Trachinus draco*). D'autres fois, les lames pseudobran-

(1) Séance du 31 juillet 1922.

chiales sont moins saillantes et moins indépendantes les unes des autres. L'épithélium s'infléchit entre elles et les recouvre sur une partie variable de leur étendue (*Chrysophrys*). Dans un cas plus avancé (Vairon) l'épithélium passe au-dessus des divers feuillets pseudobranchiaux et les recouvre tous sans s'infléchir entre eux. Les lamelles vues par transparence peuvent faire croire à une pseudobranchie libre, mais il n'en est rien, les feuillets sont tous recouverts par un voile épithélial commun, et d'autre part il existe entre elles de minces lames conjonctives, principalement cellulaires, qui les relient lâchement les unes aux autres. Enfin, chez la Carpe, l'enfoncement est plus grand : une lame de mésoderme s'interpose entre l'épithélium de la cavité branchiale et la pseudobranchie. De plus, pendant l'accroissement de la tête, la partie médiale de la pseudobranchie reste plus près de la ligne médiale, tandis que le pli épithélial, passant du bord interne de l'opercule sur le premier arc branchial, se rapproche du côté externe, et dans ce mouvement il recouvre la partie interne de la pseudobranchie.

Ces différences topographiques ne changent rien à la fonction. Celle-ci est dominée par la présence de l'épithélium acidophile et par les conditions vasculaires dans lesquelles se trouve la pseudobranchie, placée uniquement sur le trajet d'une anse artérielle du cercle céphalique. On a pensé que les pseudobranchies libres étaient respiratoires, tandis que les couvertes étaient glandulaires et constituaient des glandes à sécrétion interne. Cette fonction est sans doute celle des deux catégories de pseudobranchies, et la présence chez toutes d'une lame épithéliale acidophile épaisse, en contact immédiat avec la lamelle vasculaire, parle nettement en faveur de leur rôle glandulaire. De plus, la colorabilité de ces cellules, si voisine de celle des globules rouges, fait penser qu'elles pourraient bien avoir quelques rapports avec l'hémoglobine. Au début de leur formation, les lamelles pseudobranchiales sont évidemment des organes hématopoïétiques qui donnent d'emblée des globules rouges nucléés. L'apport ainsi fourni n'est cependant pas très important; beaucoup de globules rouges sont déjà formés avant les premiers feuillets de la pseudobranchie, notamment dans la glande choroïdienne et dans le cercle veineux sous-intestinal. Dans ce dernier, il est vrai, les globules rouges ne paraissent pas d'emblée et sont précédés de cellules rondes nucléées non hémoglobiques. Dans la glande choroïdienne, vaste plexus vasculaire situé derrière l'œil, les globules rouges ne sont pas précédés de formes de transition et paraissent parfaitement constitués (alevin de Carpe de 5^{mm}). Il n'est donc pas besoin de la pseudobranchie pour faire des globules rouges. Il est plus probable qu'elle

joue un rôle dans la destruction des globules rouges affaiblis, et peut-être ses cellules acidophiles sont-elles un réservoir qui accumule l'hémoglobine pour la distribuer au fur et à mesure des besoins. Je reviendrai ultérieurement sur ce point. Pour le moment je me bornerai à résumer la structure et la signification morphologique de la pseudobranchie.

Partis d'une même ébauche que les feuillets respiratoires, les feuillets pseudobranchiaux se spécialisent très tôt par l'évolution de leurs lamelles vasculaires, aboutissant à la formation d'un épithélium acidophile qui leur est propre, et parce qu'elles perdent toute relation obligatoire avec l'épithélium branchial, contrairement aux lamelles respiratoires.

La formation des pseudobranchies est un bel exemple de la divergence que peut présenter le développement d'ébauches initialement semblables, divergence sur laquelle M. Vialleton a beaucoup insisté dans ses travaux. La pseudobranchie couverte n'est pas non plus un stade plus avancé que la pseudobranchie libre, comme il semblait dans l'hypothèse du recouvrement secondaire, mais au contraire c'est la pseudobranchie libre qui représente l'état le plus évolué, puisque les lamelles, partout ailleurs plus ou moins confondues sous un épithélium commun, arrivent à se séparer les unes des autres et à faire saillie individuellement, chacune d'elles soulevant pour son propre compte un pli de cet épithélium.

La séance est levée à 15 heures trois quarts.

A. Lx.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

Ouvrages reçus dans les séances de juillet 1922 (*suite*).

Résultats des campagnes scientifiques accomplies sur son yacht par Albert Ier, prince souverain de Monaco. Fascicule LXII : *Observations complémentaires sur les Crustacés décapodes* (*abstraction faite des Carides*), par E.-L. Bouvier. Fascicule LXIII : *Hexactinidés*, par Ch. Gravier. Imprimerie de Monaco, 1922; 2 vol. 36cm.

Cours de Chimie (*Métaux et cations*), par Marcel Boll et Georges Allard. Paris, Dunod, 1922; 1 vol. 21cm. (Présenté par M. G. Urbain.)

En Norvège. L'industrie des pêches, par A. Gruvel. Paris, Blondel la Rougery, 1922; 1 vol. 24cm. (Présenté par M. Joubin.)

Les bases scientifiques de la Pédagogie et de la Méthodologie, par L. Remy. Volume I : *Les fonctions de la vie végétative, de la vie animale et de la vie psychique chez les êtres vivants*. Bruxelles, Lamertin, 1919; 1 vol. 23cm.

Pour comprendre Einstein, par l'abbé Th. Moreux. Paris, Gaston Doin, 1922; 1 vol. 19cm.

La legge del calore secondo il metodo sperimentale e la sua incompatibilità col secondo principio della termodinamica, par Gaetano Ivaldi. Milano, Stucchi Ceretti, 1922; 1 fasc. 24cm.

Notes de voyage de Dolomieu en Portugal et en Espagne (1778), par Alfred Lacroix. Extrait du *Bulletin de la Section de Géographie*, 1921. Paris, Imprimerie nationale, 1922; 1 fasc. 24cm.

(*A suivre.*)

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 21 AOUT 1922.

PRÉSIDENCE DE M. ÉMILE ROUX.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS
DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. A. Lacroix rend compte du Congrès international de Géologie qui vient de se tenir brillamment à Bruxelles et auquel il a représenté l'Académie en compagnie de ses Confrères MM. *Barrois*, *Termier*, *Haug*, *Depéret*, *Kilian* et de nos Correspondants MM. *Bigot* et *Imbeaux*.

BOTANIQUE. — *Disjonction et combinaison des caractères des parents dans un hybride.* Note de M. Paul Vuillemin.

Un hybride d'*Aquilegia cœrulea* × *chrysantha* provenant des graines d'un *A. chrysantha* avoisinant un *A. cœrulea* sans éperon, attira mon attention dès sa première floraison, en mai 1914, par le nombre restreint des éperons.

Outre l'axe primaire, l'inflorescence possédait cinq axes de second ordre, six axes de troisième ordre deux à deux sur chacun des rameaux supérieurs et un axe de quatrième ordre sur l'avant-dernier. Sur les treize fleurs, on comptait 2 éperons deux fois, 3 éperons cinq fois, 4 éperons quatre fois, 5 éperons deux fois, soit en moyenne 3,46.

Les fleurs à 2 éperons terminaient l'axe primaire et l'axe secondaire inférieur; les fleurs à 5 éperons terminaient l'axe de quatrième ordre et le plus élevé des axes de troisième ordre. Le minimum était atteint au début de la floraison, le retour au nombre maternel à la fin. Les autres axes secondaires portaient trois fleurs à 3 éperons et une à 4; les autres axes tertiaires portaient deux fleurs à 3 éperons et trois à 4 éperons.

Les fleurs n'étaient pas d'ailleurs amoindries. Neuf sur treize avaient 5 carpelles, les autres 4.

La même plante fournit en 1915 soixante et une fleurs sur cinq inflorescences. Les cinq fleurs primaires avaient 3 éperons, ainsi que seize fleurs secondaires sur vingt-trois et neuf fleurs tertiaires sur vingt-six. Outre ces trente fleurs à 3 éperons, j'en comptai neuf à 2 éperons, dont trois sur les axes secondaires, cinq sur les axes tertiaires et une sur l'un des sept axes quaternaires. Une fleur secondaire avait un seul éperon, neuf fleurs avaient 4 éperons, sept sur des axes tertiaires, les deux autres sur des axes quaternaires. Enfin douze fleurs à 5 éperons étaient réparties, trois sur les axes secondaires, cinq sur les axes tertiaires, quatre sur les axes de dernier ordre.

L'hybride ne possède pas de fleurs sans éperon comme la race d'*Aquilegia cœrulea* qui a fourni le pollen. L'influence paternelle se manifeste par le port robuste, le coloris, et, même dans les fleurs à cinq éperons, par la forme et les dimensions de ces nectaires. Négligeant ces caractères indécis ou livrés aux appréciations, subjectives, je me contente de mesurer l'influence paternelle à l'abaissement du nombre des éperons transmis par la mère.

Le résultat de la numération varie selon que l'on considère, soit chaque fleur en particulier, soit l'ensemble des fleurs de chaque ordre, soit la moyenne générale.

Le nombre d'éperons d'une fleur varie de 1 à 5. Le caractère maternel dominant dans les fleurs à 5 éperons se dégage dans 15,38 pour 100 des fleurs la première année, dans 19,67 pour 100 la seconde.

Le taux diffère pour l'ensemble des fleurs de chaque ordre; il est progressif, 0 — 0 — $16\frac{2}{3}$ — 100 en 1914; 0 — 13,04 — 19 — 57 en 1915.

Si nous prenons la moyenne du nombre d'éperons pour les fleurs de chaque ordre, nous trouvons en 1914 la progression arithmétique 2 — 3 — 4 — 5 (le nombre 4 est seul approximatif, exactement 3,833). En 1915, la progression se fait encore dans le même sens que la succession des axes floraux; mais les taux extrêmes se rapprochent des taux moyens, le nombre moyen des éperons étant 3 pour les axes primaires et secondaires, 3,46 pour les axes tertiaires, 4,28 pour les axes de quatrième ordre. De plus, la moyenne générale fléchit la seconde année de 3,46 à 3,36, soit de 2,89 pour 100.

L'atténuation progressive de l'influence paternelle, révélée par le nombre croissant d'éperons dans les fleurs successives, est compliquée d'un relèvement graduel de cette influence, indiqué par l'abaissement de la moyenne.

De cette contradiction apparente on peut induire que la réduction de

l'appareil excréteur est fonction de deux facteurs qu'il importe d'analyser.

Le premier facteur est la disjonction des caractères des parents. Le caractère maternel se dégage dans les fleurs dont le nombre d'éperons s'élève par degrés jusqu'à 5.

Le second facteur est la combinaison de plus en plus intime des caractères paternels et maternels, qui rapproche la moyenne du nombre 2,5 intermédiaire entre 0 et 5.

Les fleurs à 3 éperons sont celles qui se rapprochent le plus du nombre théorique > 2. Le taux des fleurs à 3 éperons, qui était 38,46 en 1914, s'élève à 48,18 en 1915. On trouve alors les taux successifs 100 — 69,56 — 34,64 — 0. Le rapport est indiqué en compte rond par les nombres 3 — 2 — 1 — 0. C'est l'inverse de la progression arithmétique relevée pour le nombre d'éperons en 1914 et de la progression moins régulière de la moyenne des fleurs à 5 éperons en 1915.

En résumé, dans un hybride issu d'une mère dont les fleurs ont 5 éperons et d'un père sans éperon, l'influence paternelle a été mesurée à l'abaissement du nombre des éperons. Les conclusions de cette Note s'appliquent exclusivement aux nectaires.

Deux facteurs inverses modifient les fleurs successives : 1° disjonction des caractères transmis par les parents; 2° combinaison croissante de ces caractères.

Les caractères maternels sont dominants puisqu'il n'y a pas de fleur sans éperon.

Les caractères paternels s'atténuent progressivement au cours d'une même floraison et au cours des floraisons successives au profit des caractères maternels qui se dégagent de l'influence paternelle.

La combinaison des caractères paternels et maternels s'accentue par la prépondérance croissante des fleurs à 3 éperons.

M. de Sparre fait hommage à l'Académie d'un Mémoire [1] *sur la théorie analytique des turbines centrifuges et centripètes à réaction* en la lettre suivante :

Ce Mémoire, qui développe des questions sur lesquelles j'ai fait plusieurs communications à l'Académie, comprend deux parties.

La première se rapporte au cas où la turbine travaille à pleine charge et sous hauteur de chute normale.

---

[1] Séance du 16 août 1922.

Je détermine dans ce cas les conditions du rendement maximum, soit d'une façon absolue, soit pour une valeur donnée de l'inclinaison initiale des aubes ou de la vitesse relative. J'indique de plus la variation que l'on peut obtenir pour les autres données de la question, et en particulier pour la vitesse relative, si l'on sacrifie une petite fraction sur le rendement, dans le voisinage de son maximum.

La seconde partie a trait au cas où la turbine travaille sous une charge réduite et une hauteur de chute différente de la hauteur normale.

Je donne d'abord, pour une turbine donnée, dont on connaît le rendement et les autres conditions de fonctionnement, dans le cas du travail à pleine charge et sous la hauteur de chute normale, le calcul de ces quantités pour le travail sous charge restreinte et sous une hauteur de chute quelconque. Comme applications de ces formules je montre comment, pour une turbine appelée à travailler sous une hauteur de chute qui varie entre de larges limites, on peut déterminer la hauteur de chute normale, servant à l'établissement de la turbine, de façon à réduire au minimum la variation du rendement avec celle de la hauteur de chute.

Je fais voir ensuite comment, si la charge est, elle aussi, appelée à varier dans une large mesure, on peut modifier les conditions d'établissement de la turbine de façon que, le rendement maximum correspondant, non au cas du travail à pleine charge, mais à celui du travail sous une charge plus ou moins réduite, on obtienne une turbine dont le rendement varie assez peu avec la charge.

Je termine en donnant les conditions du maximum de rendement pour les turbines à libre déviation et montrant, pour le cas où l'on veut obtenir une grande vitesse relative, l'infériorité de ces turbines sur celles à réaction.

M. G. **Bigourdan** fait hommage à l'Académie d'une *Instruction pour l'épreuve rapide des lunettes et télescopes au moyen de la mire universelle.*

ÉLECTIONS.

Par l'unanimité des suffrages, MM. **H. Deslandres** et **H. Le Chatelier** sont désignés à nouveau pour faire partie du Conseil de perfectionnement de l'École polytechnique.

CORRESPONDANCE.

Le **National Committee for Geodesy and Geophysics** d'Angleterre adresse ses condoléances à l'occasion du décès de M. *L. Favé*.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° Austin Hobart Clark. *A monograph of the existing crinoids*, volume 1 : *The Comatulids*, Part 2.

2° Marius Dalloni. *La géologie du pétrole et la recherche des gisements pétrolifères en Algérie*.

3° F. C. Willcocks. *A survey of the more important economic Insects and Mites of Egypt*.

THÉORIE DES ENSEMBLES. — *Sur une décomposition du continu.* Note (¹) de MM. **N. Lusin** et **W. Sierpinski**.

Le but de cette Note est de donner *un exemple effectif d'une décomposition d'un intervalle en aleph-un ensembles non vides mesurables* (B) *sans points communs deux à deux.*

Soient X l'ensemble de tous les nombres réels x satisfaisant à l'inégalité $0 < x \leqq 1$, R l'ensemble de tous les nombres rationnels de l'intervalle (0, 1). Rangeons les nombres formant R en une suite infinie

(1) $$r_1, \quad r_2, \quad r_3, \quad \ldots.$$

Soit x un nombre de X : il existe, comme on sait, une décomposition unique du nombre x de la forme

(2) $$x = \frac{1}{2^{m_1}} + \frac{1}{2^{m_2}} + \frac{1}{2^{m_3}} + \ldots,$$

où m_k ($k = 1, 2, 3, \ldots$) est une suite infinie croissante de nombres naturels.

Tout nombre x de X détermine donc la suite correspondante m_1, m_2,

(¹) Séance du 16 août 1922.

$m_3, \ldots$, donc aussi la suite de nombres rationnels

(3) $$r_{m_1}, \quad r_{m_2}, \quad r_{m_3}, \quad \ldots$$

extraite de la suite (1). Désignons par $R_0(x)$ l'ensemble (linéaire) de nombres rationnels (3) correspondant ainsi au nombre x de X (¹).

Soit α un nombre ordinal donné de première ou deuxième classe et supposons que nous avons déjà défini les ensembles $R_\xi(x)$ pour $0 \leqq \xi < \alpha$. Si α est un nombre de première espèce, désignons par $R_\alpha(x)$ l'ensemble qu'on obtient de $R_{\alpha-1}(x)$ en retranchant de cet ensemble sa borne inférieure [si elle lui appartient; sinon, $R_\alpha(x) = R_{\alpha-1}(x)$]. Si α est de seconde espèce, posons

$$R_\alpha(x) = \prod_{\xi<\alpha} R_\xi(x).$$

Les ensembles $R_\alpha(x)$ sont ainsi définis par l'induction transfinie pour tout nombre ordinal $\alpha < \Omega$ (où Ω désigne le plus petit nombre transfini de la troisième classe) et l'on a évidemment

$$R_\alpha(x) \subset R_\beta(x) \quad \text{pour} \quad \alpha < \beta.$$

Les ensembles $R_\alpha(x)$ étant au plus dénombrables (comme formés de nombres rationnels), il en résulte l'existence (pour tout nombre x de X) d'un plus petit nombre ordinal $\mu = \mu(x) < \Omega$, tel que

$$R_\mu(x) = R_{\mu+1}(x) \qquad [\text{donc } R_\xi(x) \neq R_{\xi+1}(x) \text{ pour } \xi < \mu].$$

[L'ensemble $R_\mu(x)$ peut d'ailleurs être vide.]

α étant un nombre ordinal donné $< \Omega$, désignons par E_α l'ensemble de tous les nombres x de X tels que $\mu(x) = \alpha$. Nous aurons évidemment

$$E_\alpha E_\beta = 0 \qquad \text{pour} \qquad \alpha \neq \beta$$

et

(4) $$X = E_0 + E_1 + E_2 + \ldots + E_\omega + E_{\omega+1} + \ldots + E_\alpha + \ldots \qquad (\alpha < \Omega).$$

Désignons (pour tout nombre r de R donné) par $Q_\alpha(r)$ l'ensemble de tous les nombres x de X pour lesquels l'ensemble $R_\alpha(x)$ contient le nombre r, et désignons par $S_\alpha(r)$ l'ensemble-somme de tous les ensembles $Q_\alpha(\rho)$, la sommation s'étendant à tous les nombres $\rho < r$ de R.

(¹) Cf. H. LEBESGUE, *Journal de Mathématiques*, 6e série, t. 1, 1905, p. 213.

On vérifie sans peine pour tout nombre r de R la formule

(5) $$Q_\alpha(r) = Q_{\alpha-1}(r).S_{\alpha-1}(r),$$

si α est un nombre de première espèce, et la formule

(6) $$Q_\alpha(r) = \prod_{\xi<\alpha} Q_\xi(r),$$

si α est un nombre de seconde espèce.

Or, posons

(7) $$T_\alpha = \sum_{k=1}^{\infty} [Q_\alpha(r_k) - Q_{\alpha+1}(r_k)];$$

on voit sans peine que T_α est l'ensemble de tous les x de X pour lesquels $R_\alpha(x) \neq R_{\alpha+1}(x)$, et l'on trouve la formule

(8) $$E_\alpha = \prod_{\xi<\alpha} T_\xi - T_\alpha,$$

pour tout nombre ordinal $\alpha < \Omega$.

$Q_0(r_k)$ est l'ensemble de tous les nombres x de X dont le développement (2) contient le terme $\frac{1}{2^k}$: c'est donc une somme de 2^{k-1} intervalles (sans extrémités gauches). Donc les ensembles $Q_0(r)$ sont mesurables (B). Les formules (5) et (6) permettent de prouver sans peine par l'induction transfinie que les ensembles $Q_\alpha(r)$ sont mesurables (B) (pour tout nombre r de R et tout nombre ordinal $\alpha < \Omega$). Il en résulte donc, d'après les formules (7) et (8), que les ensembles E_α sont tous mesurables (B), pour $\alpha < \Omega$.

La suite (3) représentant un sous-ensemble donné quelconque de R, soit U, et le nombre x étant défini par la formule (2), nous aurons évidemment $R_0(x) = U$. Or les sous-ensembles de R, ordonnés d'après la grandeur de nombres qu'ils contiennent, peuvent représenter tous les types ordinaux dénombrables. Il existe donc, pour tout nombre ordinal $\alpha < \Omega$ donné, un nombre x de X tel que $R_0(x)$ soit un ensemble bien ordonné du type α. Or on voit sans peine que pour un tel x on a $\mu(x) = \alpha$, donc $E_\alpha \neq 0$. Les ensembles E_α sont donc tous non vides pour $\alpha < \Omega$.

La formule (4) représente donc la décomposition désirée.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur une classe de transcendantes uniformes.* Note [1] de M. H. **Mineur**.

I. Dans une Note récente [2], nous avons étudié certaines équations fonctionnelles que nous écrivions sous la forme symbolique

$$f(g) = \mathcal{G}(f). \tag{II}$$

Prenons pour g le groupe suivant :

$$x' = \frac{ax + by}{cz + d}, \qquad y' = \frac{cx + dy}{cz + d}, \qquad z' = \frac{az + b}{cz + d}$$

et pour $\mathcal{G}$ un groupe semblable à g, et formé de transformations birationnelles sur la multiplicité algébrique $\mathfrak{M}$ d'équation

$$F(u_1, u_2, u_3, u_4) = 0. \tag{I}$$

On se trouve alors dans le second cas du paragraphe III de la Note précédemment citée. Les u sont donc des fonctions uniformes des variables x, y, z. La multiplicité δ est constituée ici par la quadrique $x - yz = 0$; il peut se présenter deux circonstances principales :

1° $\mathcal{G}$ n'admet aucun élément invariant, δ est alors un lieu de points singuliers essentiels pour les fonctions u.

2° $\mathcal{G}$ laisse invariante une multiplicité Δ et sur Δ une infinité de courbes dépendant d'un paramètre. On démontre que x, y, z se comportent comme des fonctions rationnelles des u en tout point de la multiplicité M. Les u sont des fonctions holomorphes de x, y, z sur une certaine portion de δ.

Considérons M comme une multiplicité à six dimensions et traçons sur M des coupures à cinq dimensions, de telle façon que sa connexion linéaire soit 1; désignons par M′ la multiplicité M ainsi découpée, lorsque le point u décrit M′ le point x, y, z engendre le domaine fondamental des fonctions u. Dans le premier cas, ce domaine n'a aucun point commun avec δ; dans le second cas, une certaine portion de δ en fait partie.

Les fonctions u ainsi définies se répètent par un groupe discontinu (g') issu du groupe

$$x' = \frac{\alpha x + \beta z}{\gamma y + \delta}, \qquad y' = \frac{\alpha y + \beta}{\gamma y + \delta}, \qquad z' = \frac{\gamma x + \delta z}{\gamma y + \delta}.$$

---

(1) Séance du 7 août 1922.

(2) *Comptes rendus*, t. 174, 1922, p. 1678.

Si l'on pose

$$x = \mu y, \qquad z = \mu,$$

les fonctions u se réduisent à des fonctions kleinéennes de y. Pour cette raison, nous appellerons les fonctions u « fonctions ultrakleinéennes ».

II. Réciproquement, toute fonction kleinéenne peut être définie comme nous venons de le faire : Soit

$$f_1(y) = \sum \mathrm{H}\left[\frac{a_k y + b_k}{c_k y + d_k}\right] \frac{(a_k d_k - b_k c_k)^m}{(c_k y + d_k)^{2m}}$$

une fonction thétafuchsienne ou thétakleinéenne. Pour le groupe ultrakleinéen correspondant à ce groupe kleinéen, la série

$$\sum \left\{ \frac{\mathrm{D}(x'_k, y'_k, z'_k)}{\mathrm{D}(x, y, z)} \right\}^p$$

est convergente dès que p est un entier supérieur à 1, car

$$\frac{\mathrm{D}(x', y', z')}{\mathrm{D}(x, y, z)} = \left(\frac{dy'}{dy}\right)^2.$$

On pourra donc former une série qui se réduira à $f_1(y)$ pour $x = z = 0$.

III. Les résultats précédents se généralisent facilement. Soient

$$x_{i,k} \left[\begin{matrix} i \\ k \end{matrix} = 1, 2, \ldots, (n+1) \right]$$

les coordonnées homogènes d'un point dans l'espace à $n^2 + 2n$ dimensions. Prenons pour g le groupe

$$x'_{ik} = \sum_{e=1}^{n+1} a_{il}\, x_{lk},$$

et pour $\mathcal{G}$ un groupe semblable à $n^2 + 2n + 1$ variables $u_1 \ldots u_{n^2+2n+1}$. Les u sont encore des fonctions uniformes des x. Moyennant quelques hypothèses sur les multiplicités invariantes par g, les u se comportent comme des fonctions rationnelles des x sur une portion de la multiplicité

$$\frac{x_{ik}}{x_{i1}} = \frac{x_{1k}}{x_{11}} \qquad \left(\begin{matrix} i = 2, 3, \ldots, n+1 \\ k = 2, 3, \ldots, n+1 \end{matrix} \right).$$

Le groupe g' permutable avec g s'obtient en permutant dans les équations de g les indices i et k des x; si donc on fait dans les fonctions u

$$x_{ik} = 0 \quad \left(\begin{matrix} i = 1, 2, \ldots, n+1 \\ k = 1, 2, \ldots, n \end{matrix} \right), \qquad x_i = \frac{x_{i,n+1}}{x_{n+1,n+1}},$$

on obtient des fonctions de n variables $x_1 \ldots x_n$ se répétant par un groupe discontinu de transformations homographiques; nous les appellerons fonctions hyperkleinéennes.

D'après M. Enriques (*Rendiconti dei Lincei*, 1893), un groupe continu de transformations birationnelles peut être regardé comme un groupe homographique où l'on a fait un changement de variables birationnel. Donc toutes les fonctions se répétant par des groupes discontinus de transformations birationnelles issus de groupes continus s'obtiennent en faisant dans une fonction hyperkleinéenne un changement de variables birationnel.

IV. Si dans une fonction ultrakleinéenne on fait $y = 0$, on obtient une fonction de x et z qui admet un théorème de multiplication birationnel; le second cas du paragraphe I est le cas de Poincaré, le premier est celui traité par M. Picard.

V. M. Picard [1], dans ses recherches sur les groupes continus des transformations birationnelles sur une multiplicité algébrique, a obtenu les résultats suivants : Soit $f(x_1, x_2, \ldots, x_n)$ une fonction abélienne, nous appellerons fonction abélienne, la fonction de p variables

$$f(x_1, x_2, \ldots, x_p, \alpha, \ldots, \lambda),$$

$\alpha, \ldots, \lambda$ étant des constantes, ou une fonction rationnelle d'un nombre quelconque de telles fonctions. Si $x'_i = f_i(x; t_1, \ldots, t_n)$ sont les équations d'un groupe continu de transformations birationnelles et les t_i des paramètres canoniques, les f_i sont des fonctions abéliennes des t.

On en déduit immédiatement qu'une fonction ultra-kleinéenne peut se mettre sous la forme

$$u = f\left[\frac{z}{x}, \frac{y}{x}, \log\frac{x^2}{x - yz}\right],$$

$f(t_1, t_2, t_3)$ étant une fonction abélienne, en faisant $x = \mu y$, $z = \mu$, on aura une fonction kleinéenne. On voit que cette opération revient à prendre la limite d'une fonction abélienne lorsqu'on s'éloigne à l'infini. Ceci s'étend aux fonctions hyperkleinéennes.

A un changement de variables rationnel-logarithmique près, les fonctions kleinéennes et toutes les transcendantes qui se répètent par des groupes discontinus de transformations birationnelles issus de groupes continus, sont des fonctions abéliennes au sens de M. Picard.

---

[1] E. Picard, *Sur la théorie des groupes* (*Rendiconti di Palermo*, 1895).

PHYSIQUE. — *Sur la résistance des couches conductrices minces électrisées.* Note de M. H. A. Perkins.

A la séance d'avril 1921, j'ai présenté à la Société américaine de Physique les résultats d'une expérience relative à l'influence d'une charge électrostatique sur la résistance d'un conducteur. L'effet que j'avais cru constater était beaucoup plus grand que celui prévu par la théorie ordinaire de la conduction métallique.

La méthode était indirecte. Une charge électrique alternative agissait sur un courant alternatif d'induction traversant un galvanomètre du type d'Arsonval. La déviation du galvanomètre semblait indiquer un redressement partiel du courant alternatif et permettait de mesurer la variation de résistance du conducteur due à sa charge électrique.

J'ai repris cette expérience et j'ai reconnu que la déviation observée était due à la superposition du champ magnétique du galvanomètre du champ magnétique alternatif produit par le transformateur. J'ai cherché à employer une méthode plus directe qui consiste à mesurer au pont de Wheatstone la résistance d'une couche métallique mince formant l'une des armatures d'un condensateur chargé.

Sur un disque de verre de 7^{cm} de diamètre, j'avais déposé par ionoplastie une couche d'or très mince pesée sur une balance Curie. Puis l'ionoplastie fut reprise sur cette même couche protégée en son milieu par un rectangle de verre et le dépôt d'or amené à une épaisseur pratiquement opaque. Enfin l'or fut enlevé suivant deux côtés opposés du rectangle central par deux rainures prolongées jusqu'aux bords du disque. On obtient ainsi une lame d'or très mince entre deux lames plus épaisses formant contacts et deux autres lames d'or formant conducteurs de garde. Un condensateur fut ensuite constitué avec la couche d'or et un plateau de laiton séparé d'elle par un disque de mica de $0^{mm},05$ d'épaisseur.

Les trois disques de même diamètre (verre doré, mica et laiton) étaient serrés fortement ensemble après qu'on eût introduit les extrémités de deux bandes de papier d'étain entre le mica et les contacts d'or. Les deux bandes de papier d'étain qui sortaient du condensateur formaient un contact invariable et bien défini avec les extrémités de la couche mince d'or et servaient à introduire cette couche dans un pont de Wheatstone. Le condensateur fut ensuite recouvert d'une cloche de verre en même temps qu'un cristallisoir contenant de l'anhydride phosphorique. Cette précaution rendait presque parfait l'isolement du disque de laiton.

Le pont de Wheatstone était équilibré sur un galvanomètre Broca et le condensateur était ensuite chargé par une batterie d'accumulateurs, une des extrémités de la couche d'or étant au sol. Le disque de laiton étant chargé à + 500 volts, par exemple,

la surface de la couche d'or recevait une charge négative correspondant à une chute de potentiel de l'ordre de $10^5 c$ volts par centimètre, en désignant par c la constante diélectrique du mica. Au cours des observations le sens du champ était inversé ainsi que le sens des connexions entre les extrémités de la couche et le reste du circuit.

Si l'on admet que la conductibilité croît dans le rapport du nombre des électrons apportés par la couche électrique superficielle au nombre des électrons qui participent à la conduction électrique ordinaire, et si l'on suppose que ceux-ci sont au nombre d'un par atome de métal, on obtient pour l'accroissement relatif de conductibilité :

$$\frac{\Delta s}{s} = \frac{\mathrm{E}pc}{4\pi\varepsilon \mathrm{F} m},$$

E représentant la tension sous laquelle est chargé le condensateur, p la masse atomique de l'or, ε l'épaisseur du mica, F le Faraday et m la masse de la couche d'or utilisée.

Dans mes observations, E était généralement égal à 800 volts ou 2,7 unités électrostatiques C. G. S., ce qui conduit, avec c égal à 8, à un rapport $\frac{\Delta s}{s}$ égal à 10^{-5} environ.

On peut maintenant calculer la valeur de $\frac{\Delta s}{s}$ par millimètre de déviation du spot du galvanomètre. La résistance de la couche était 15,7 ohms, quatre fois plus grande que la résistance calculée d'après l'épaisseur de la couche (on sait qu'à cet ordre d'épaisseur, la conductance varie beaucoup plus rapidement que l'épaisseur). D'autre part le spot se déplaçait de 1^{mm} pour un changement de résistance de 45.10^{-5} ohm dans le côté du pont voisin de la couche quand le rapport des bras opposés était $\frac{1}{10}$, ce qui donne 1^{mm} pour une variation de 45.10^{-6} ohm dans la résistance de la couche. Ainsi le rapport était $\frac{\Delta s}{s} = \frac{45.10^{-6}}{16,7} = 2,9.10^{-6}$ pour 1^{mm} de déviation.

Les observations les plus soignées n'ont certainement pas donné un déplacement de 1^{mm} quand on changeait le sens de l'électrisation de la couche d'or. Les perturbations réversibles rendaient sans valeur la lecture de déplacements plus petits.

On peut donc affirmer que si les électrons de charge électrostatique jouent le même rôle que les électrons de conductibilité, ceux-ci sont au moins au nombre de quatre par atome d'or.

J'ai fait la même expérience avec une couche de graphite obtenue en frottant la surface d'un disque de verre légèrement rodé avec du graphite pulvérisé et cette fois j'ai obtenu des résultats nettement positifs (jusqu'à 23^{mm} de déviation du spot), mais dans un sens inattendu : une charge électrostatique négative augmente la résistance et une charge positive la diminue.

En augmentant progressivement la charge électrostatique, on obtient dans les deux cas une variation linéaire de la résistance, mais l'augmentation due à l'électrisation négative est supérieure d'environ 20 pour 100 à la diminution que produit l'électrisation positive. La variation observée est très supérieure, en valeur absolue, à celle qu'on calculerait en admettant la présence d'un électron de conductibilité par atome. Il faudrait imaginer, pour rendre compte de ces faits, que la présence d'électrons de charge statique gêne le fonctionnement de la conduction, tandis qu'une électrisation positive le facilite?

J'ai aussi essayé l'influence des rayons X sur la résistance des couches d'or et de graphite : si un effet existe, il est inférieur à la limite de précision de mes mesures, soit à 5.10^{-6} dans le cas de l'or et à 10^{-5} dans le cas du graphite pour la variation relative de la résistance.

SPECTROSCOPIE. — *Spectres d'absorption ultraviolets des diphénols.* Note de M. **F.-W. Klingstedt**, présentée par M. G. Urbain.

Les spectres d'absorption normaux des diphénols, en solution hexanique, ressemblent beaucoup par leur allure générale à celui du phénol : on observe en effet dans l'ultraviolet moyen vers 2800 Å plusieurs bandes, le coefficient d'absorption étant égal en moyenne à 2000; dans l'ultraviolet extrême, vers 2100 Å, on obtient une bande large avec un coefficient d'absorption égal à 4000.

La comparaison des diphénols avec le phénol montre que le spectre d'absorption des premiers est décalé vers le rouge. Ce déplacement est le plus faible (20 Å) pour le dérivé *méta* (résorcine), il est plus intense (60 Å) pour l'*ortho* (pyrocatéchine) et beaucoup plus fort (250 Å) pour le dérivé *para* (hydroquinone).

Le spectre d'absorption du phénol présente par rapport à celui du benzène un décalage vers le rouge de 85 Å. Le coefficient d'absorption du phénol est dix fois plus grand. Par conséquent l'introduction d'un deuxième

hydroxyle provoque seulement un décalage des bandes vers le rouge sans augmentation de l'absorption, la valeur du décalage variant avec la position réciproque des hydroxyles. Ce résultat doit être rapproché des lois sur l'influence mutuelle des chromophores énoncées par Victor Henri (*Études de Photochimie*, 1919, p. 174).

L'étude quantitative du spectre d'absorption normal des diphénols, faite

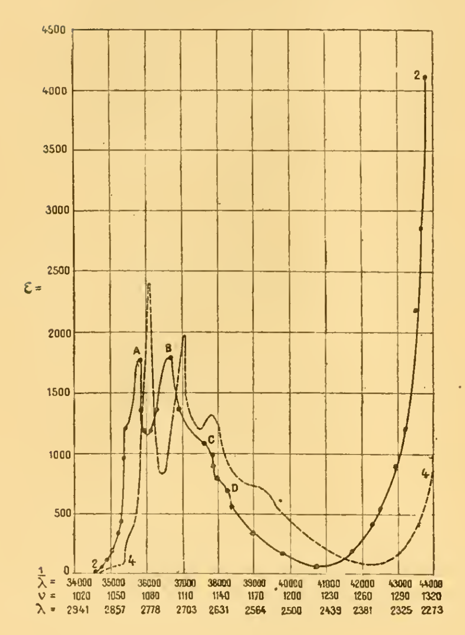


Fig. 1. — 4. Phénol; 2. Résorcine.

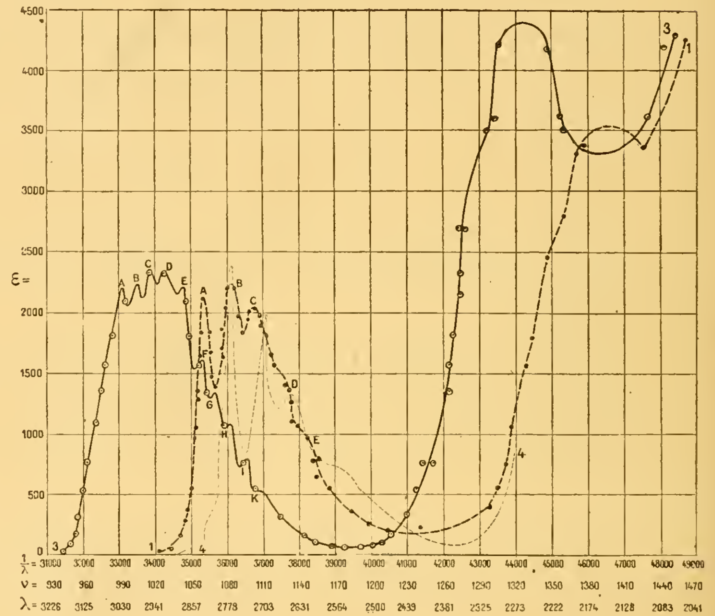


Fig. 2. — 4. Phénol; 1. Pyrocatéchine; 3. Hydroquinone.

avec le microphotomètre de Fabry et Buisson sur des photographies du spectre continu obtenu avec l'étincelle d'aluminium dans l'eau d'après la méthode de V. Henri, a donné toute une série de résultats nouveaux. Les figures donnent : 1° les spectres d'absorption normaux du phénol et de la résorcine; 2° ceux de la pyrocatéchine et de l'hydroquinone. On voit que les dérivés méta et ortho ont des spectres très semblables à celui du phénol, tandis que le para possède huit bandes nettes presque équidistantes à la place des trois bandes A, B, C du phénol et des deux diphénols ortho et méta. C'est là un résultat général que nous avons aussi obtenu pour d'autres dérivés para du benzène, ainsi que nous le montrerons prochainement; il présente un intérêt général au point de vue de la théorie de l'origine des bandes d'absorption et de la structure de la molécule de benzène et de ses dérivés.

De même que pour le phénol, le spectre d'absorption des diphénols est très fortement modifié par certains solvants, en particulier par l'alcool; ce dernier solvant provoque une fusion complète des bandes, de sorte qu'il est impossible de reconnaître les différences caractéristiques entre les dérivés para et les dérivés ortho et méta. Comme la plupart des études faites jusqu'ici sur les spectres d'absorption des corps organiques aromatiques ont été faites sur des solutions alcooliques, toutes ces recherches doivent être reprises à nouveau en solution hexanique par la méthode quantitative.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur la chloruration de l'alcool butylique normal.* Note [1] de MM. **H. Gault** et **R. Guillemet**, transmise par M. Haller.

Au cours de recherches non encore publiées de l'un d'entre nous sur la chloruration des chaînes carbonées, recherches entreprises dans le but de limiter et d'orienter la fixation du chlore [2], nous avons été amené à étudier la chloruration de l'alcool butylique normal en présence de fer métallique, dans diverses conditions expérimentales.

Nous avons chloré l'alcool butylique à la lumière diffuse soit en faisant passer, à diverses températures, un courant lent et régulier de chlore sec dans l'alcool, soit par la méthode des courants inverses.

Dans tous les cas, nous avons procédé à un essai comparatif dans des conditions identiques en l'absence de fer.

D'une manière générale et toutes choses égales d'ailleurs, nous avons vérifié que lorsqu'on chlore en présence de fer, la proportion d'alcool inattaqué est plus forte que dans les essais témoins en l'absence de fer. D'autre part, on obtient dans les essais avec fer un nombre de produits différents moindre que dans les essais sans fer. Le fer limite donc l'action du chlore.

Par la méthode des courants inverses, on retrouve tous les produits obtenus par l'autre méthode et d'autres encore passant à distillation à des températures plus élevées.

Lorsque l'on chlore à chaud, les produits à point d'ébullition élevés disparaissent en partie, ce qui au premier examen semble anormal. Nous avons trouvé par la suite une explication de ce fait : les composés que nous

---

(1) Séance du 16 août 1922.

(2) Voir Meyer, Muller et Kronstein, *Recherches sur la bromuration des chaînes carbonées* (*Ber.*, t. 54, 1921, p. 1-16).

obtenons semblent être en majeure partie du type acétal [1] et dans ces conditions, il n'est pas surprenant que, l'élévation de température favorisant leur formation, la fixation plus profonde du chlore devienne aussi plus difficile.

Cette formation d'acétals dans les conditions de l'expérience s'explique d'ailleurs facilement par l'oxydation inévitable de l'alcool par le chlore et par l'acétalisation ultérieure de l'aldéhyde formée, sous l'influence de l'acide chlorhydrique.

Nous avons isolé au cours de ces essais quatre produits principaux ($E_{15^{mm}}$: 122°, 140°, 160°, 180°), le plus abondant passant à distillation à 138°-140° sous 15^{mm}.

Nous nous bornerons à exposer dans cette Note les résultats obtenus dans l'étude de ce dernier composé.

On l'obtient avec un rendement de 60 à 70 pour 100 sous forme d'un liquide incolore et inodore en faisant passer sans refroidir un courant de chlore sec dans de l'alcool butylique normal.

L'étude qui en a été faite permet de lui assigner la constitution d'un acétal dibutylique d'une aldéhyde dichlorobutyrique

$$C^4H^6Cl^2(OCH^2CH^2CH^2CH^3).$$

Cet acétal est relativement stable vis-à-vis des agents d'hydrolyse. La potasse aqueuse est sans action même à l'ébullition pendant 12 heures. L'acide chlorhydrique et l'acide sulfurique dilués n'agissent que faiblement, même lorsqu'on opère sous pression à 150° pendant plusieurs heures.

Par contre, l'acide sulfurique concentré le décompose à peu près intégralement en donnant de l'alcool butylique normal, ou de l'acétate de butyle si l'on opère en milieu acétique; dans aucun cas, il ne nous a été possible d'isoler l'aldéhyde correspondante.

L'oxydation de cet acétal par le mélange chromique en milieu acétique ou légèrement aqueux fournit de l'acétate de butyle ou du butyrate de butyle et, dans les deux cas, un dichlorobutyrate de butyle passant vers 110° sous 15^{mm}.

L'anhydride acétique à 200° en tube scellé décompose complètement l'acétal en donnant de l'acétate de butyle. Nous ne sommes pas davantage parvenus dans cette dernière réaction à isoler l'aldéhyde sous forme du diacétate de dichlorobutylidène attendu.

---

(1) Voir BROCHET, *Bull. Soc. chim.*, 3e série, t. 7, p. 641.

Nous pouvons conclure de ces divers dédoublements que les deux atomes de chlore contenus dans cet acétal se trouvent certainement fixés dans la chaîne aldéhydique et qu'il s'agit bien d'un acétal dibutylique d'une aldéhyde dichloro-butyrique.

Nous poursuivons nos recherches en vue de déterminer la position exacte de ces atomes de chlore et d'établir la constitution des divers autres produits isolés au cours de la chloruration.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur le bornéol obtenu à partir du magnésien du chlorhydrate de pinène.* Note [1] de MM. **G. Vavon** et **A.-L. Berton**, transmise par M. A. Haller.

MM. Barbier et Grignard [2] ont été les premiers à préparer un alcool par oxydation du magnésien du chlorhydrate de pinène actif. Peu après M. Hesse [3] fit un travail considérable sur la question : il obtenait, à côté d'hydrodicamphène, *un bornéol* de pouvoir rotatoire $[\alpha]_D = -11°,1$; il attribuait cette faible rotation à la présence d'hydrodicamphène droit, à de faibles quantités d'isobornéol droit (5 pour 100) et à une racémisation du corps. D'autre part M. Darmois [4], partant du bromhydrate de pinène droit préparait de même un alcool $[\alpha]_{578} = +9°,5$. Par des mesures de pouvoir rotatoire, de dispersion, et par transformation en camphre, M. Darmois démontrait que cet alcool était *un mélange à parties égales de bornéol droit et d'isobornéol gauche.*

MM. Darmois et Hesse obtenaient donc des alcools ayant presque le même pouvoir rotatoire (au signe près), mais ces deux savants étaient en désaccord quant à la constitution des produits obtenus. La différence du point de départ nous parut insuffisante pour expliquer un tel désaccord, aussi avons-nous repris l'étude de cette question, sur le chlorhydrate de pinène.

Nous sommes partis d'essence de térébenthine française qui, rectifiée, puis traitée par HCl sec, nous a donné du chlorhydrate de pinène

$$(F = 126°\text{-}128°,\ [\alpha]_{578} = -32°),$$

---

(1) Séance du 16 août 1922.

(2) Barbier et Grignard, *Bull. Soc. Chim.*, t. 31, 1904, p. 840.

(3) Hesse, *Berichte*, t. 39, 1906, p. 1127.

(4) Darmois, *Thèse de Doctorat*, Paris, 1911.

de celui-ci nous avons fait le magnésien, qui oxydé puis décomposé par l'eau glacée nous a conduit à un alcool :

$$f = 203^\circ\text{-}204^\circ, [\alpha]_{578} = 11^\circ,2 \text{ (dans l'éther) } [\alpha]_{436} = 23^\circ,2;$$

dispersion = 2,07 (bornéol 1,97 pour ces deux raies).

Cet alcool *est un mélange de bornéol et d'isobornéol* : En lui appliquant, en effet, la méthode de Mongolfier [1] (dérivé sodé, carbonatation et séparation par hydrolyse de mélanges d'abord riches en bornéol, s'appauvrissant peu à peu en celui-ci et finalement très riches en isobornéol) nous avons fait 5 fractionnements; les mesures faites sur les fractions obtenues sont consignées dans le Tableau suivant :

Fractions.		Poids.	Point de fusion.	$(\alpha)_{578}$.	Dispersion.
	h m	g	o o	o	
Première après	0.30......	32	204-205	−24,4	2,03
Deuxième »	2.15......	17	202-203	−20,9	2,04
Troisième »	5.15......	11	201-202,5	−17,9	2,06
Quatrième »	24.........	18	206°,5-207°,5	− 0,95	4,5
Cinquième »	77.........	1,5	207-208	+17,4	1,70

Avec les nombres précédents il est possible de construire le « diagramme caractéristique » d'un mélange de deux corps [2]. On obtient un faisceau de droites concourantes, prouvant que l'on est bien en présence d'un mélange de deux corps.

Ce faisceau permet de déterminer le pouvoir rotatoire du bornéol et de l'isobornéol contenus dans le mélange, en prenant les droites du faisceau correspondant aux dispersions 1,97 (bornéol) et 1,79 (isobornéol). On trouve ainsi : bornéol — 34°; isobornéol + 25°,5 pour la raie 578; ces deux corps sont donc légèrement racémisés (bornéol — 39°,3; isobornéol + 30,2) et dans la proportion : bornéol 60 pour 100; isobornéol 40 pour 100.

Transformation en camphre. — Par oxydation le bornéol gauche donne du camphre gauche, l'isobornéol droit donne aussi du camphre gauche. Par suite, les fractions précédentes, de pouvoir rotatoire variable, devront conduire à *un camphre de pouvoir rotatoire constant*, puisque le bornéol et l'isobornéol sont racémisés à peu près dans la même proportion. C'est ce que nous a confirmé l'expérience. Nous avons utilisé la méthode de Schmidt [3] : oxydation par l'acide nitrique (rendements 80 pour 100).

---

(1) Mongolfier, *Annales de Chimie et de Physique*, 1878.

(2) Darmois, *loc. cit.*

(3) O. Schmidt, *Jacobsen d. Chem. Ind.*, t. 29, 1906, p. 243.

Les quatre premières fractions et le mélange primitif nous ont en effet donné un même *camphre très actif :* $(\alpha)_{578} = -48°$ à $-48°,5$; dispersion $= 2,78$; $F = 174°$-$175°$.

Pour multiplier les preuves de la présence de l'isobornéol à dose massive nous avons cherché à mettre en évidence, sur le mélange, les propriétés caractéristiques de l'isobornéol.

M. Haller (1) a montré que le pouvoir rotatoire du bornéol varie peu avec la nature du solvant, celui de l'isobornéol varie au contraire dans d'énormes proportions (33° dans l'alcool méthylique, 19° dans le toluène); on a ainsi un procédé simple et rapide pour déceler la présence d'isobornéol : la quatrième fraction, qui donnait dans l'éther $[\alpha]_{578} = -0°,95$, donne en effet dans le toluène $[\alpha]_{578} = -5°$. D'autre part, l'isobornéol, sous l'influence du sodium, se transforme en bornéol, ainsi que l'a montré M. Haller (2) : un alcool $[\alpha]_{578} = -8°,3$ dont nous avons chauffé le dérivé sodé dans du toluène à l'ébullition pendant 22 heures, dans une atmosphère d'azote (pour éviter la formation de camphre, à l'air), nous a permis d'obtenir finalement un produit $[\alpha]_{578} = -22°,2$ qui était encore un mélange des deux corps, mais enrichi en bornéol.

En raisonnant par analogie avec ce qui précède, nous avons pensé que le magnésien oxydé correspondant à l'isobornéol devait s'isomériser par chauffage, tout comme l'isobornéol sodé. Ce qui devait permettre de préparer un alcool plus riche en bornéol que ceux obtenus jusqu'alors. L'expérience a confirmé nos prévisions. Nous sommes partis d'un chlorhydrate de pinène $[\alpha]_{578} = -37°,5$, $F = 130°$, dont nous avons fait deux magnésiens dans l'éther et que nous avons oxydé : pour le premier nous avons évité tout chauffage; par décomposition par l'eau glacée nous avons obtenu un alcool $[\alpha]_{578} = -4°,2$, $F = 203°$; quant au second nous avons remplacé l'éther par du toluène, nous avons chauffé pendant 63 heures à douce ébullition, et nous avons obtenu *du bornéol* dont les constantes étaient : $[\alpha]_{578} = -35°$, $[\alpha]_{436} = -68°,8$; dispersion $= 1,97$; $F = 205°$, c'est-à-dire du bornéol exempt d'isobornéol.

En résumé le magnésien du chlorhydrate de pinène conduit par oxydation à un mélange de bornéol et d'isobornéol en proportions variables, fonctions de la température. Les limites extrêmes que nous avons pu obtenir sont 0 à 50 pour 100 d'isobornéol. Les deux isomères préexistent-

(1) Haller, *Comptes rendus*, t. 112, 1891, p. 142.
(2) Haller, *Comptes rendus*, t. 105, 1887, p. 227.

ils dans le chlorhydrate ou prennent-ils naissance pendant la formation des magnésiens ou pendant l'oxydation, c'est ce que nos expériences ne nous ont pas encore permis de résoudre.

MINÉRALOGIE. — *Sur les propriétés des amphiboles bleues.* Note de M. G. **Murgoci**.

Une étude critique des amphiboles les plus connues et une méthode de leur distribution dans l'espace par rapport à trois axes rectangulaires X, Y, Z, d'après les coefficients moléculaires de MgO, CaO, FeO, m'ont conduit à leur enchaînement en groupes et en séries, où les relations entre les types apparentés comme composition chimique, propriétés physiques, facies et mode de gisement sont mises en évidence. L'épure ci-contre donne ces groupements par leur projection sur le plan vertical, au-dessus de Ox, et sur le plan horizontal, rabattu au-dessous de Ox. J'ai déjà démontré l'existence de relations de ce genre dans les différentes variétés de glaucophanes [1]. On peut aujourd'hui confirmer l'existence de relations analogues pour la série entière des amphiboles bleues ou d'un brun foncé et noires, qui montrent sous le microscope un polychroïsme en bleu ou en violet. Ce sont, en général, des amphiboles correspondant à des métasilicates avec sesquioxydes et alcalis, pauvres en chaux, et avec $FeO > CaO$. La variation de la teneur en ces oxydes par rapport à la magnésie est complexe, mais les points représentatifs de ces amphiboles se groupent par constellations, se trouvant dans un espace fermé par les surfaces cylindriques de projection VW et V'W'. A l'exception de certaines hornblendes vertes (philipstadite, spezziasite, etc.) on ne connaît pas, à l'extérieur de cet espace, d'autres amphiboles bleues.

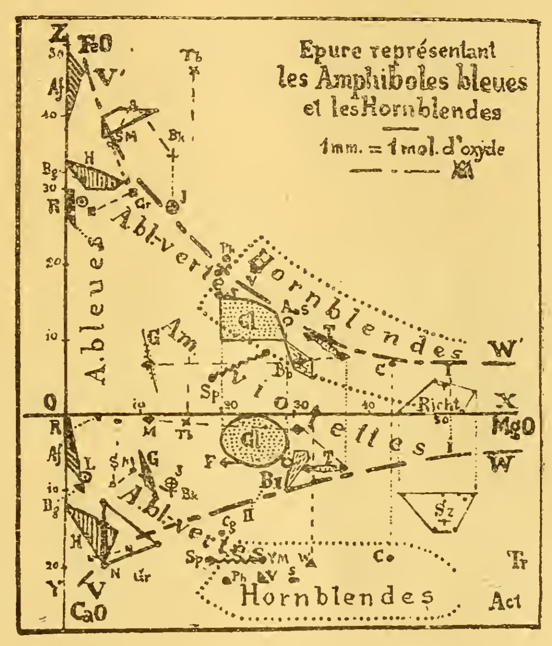
La nuance bleue ou violette (appréciée sous le microscope ou à l'œil nu) et l'*intensité de la coloration des amphiboles bleues varient* d'après le nombre des molécules du type $Si^2O^6(Al, Fe)(Na, K)$ et d'après le rapport $pFe^2O^3 : qAl^2O^3$. Mais ces sesquioxydes, autant que les alcalis, peuvent entrer aussi sous d'autres états dans la constitution des amphiboles, car il y existe des types à sesquioxydes dépourvus d'alcalis, ou très pauvres en alcalis ne montrant pas de nuance bleue. De même on connaît des amphi-

---

(1) *Contribution to the classification of the Amphiboles* (*Bul. of the Dep. of Geolog. California Univ.*, t. 4, 1906, p. 15); et *Comptes rendus*, t. 160, 1915, p. 631.

boles riches en alcalis, mais dépourvues de sesquioxydes ou n'en contenant que peu, et qui n'ont pas un polychroïsme en bleu ou violet. En tout cas, on doit classer les amphiboles bleues et noires d'après leur teneur en magnésie et la proportion totale des sesquioxydes; quant aux variétés, elles se distinguent entre elles d'après le rapport $p\,Fe^2O^3 : q\,Al^2O^3$.

La relation entre ce rapport et les propriétés optiques est probablement



R, riebeckite, osannite; Af, arfvedsonite; L, lanéite; H, hudsonite-hastingsite; N, noralite; Bk, barkévicite I; Gr, barkévicite II; Bg, bergamaskite; SM, H. de Sao Miguel; J, H. de Jacobdeal; YM, H. de Jan Mayen; Sp, spezziazite; Cy, gamsigradite; Ph, philipstadite; Richt, richtérite; Sz, szechenyite; I, imerinite; T, torendrikite; Bb, bababudanite; Gl, glaucophane, crossite; rhodusite, abriachanite; Br, barroisite I et II; G, gastaldite; M, H. de Miask; A, anophorite, S, sorétite; C, carinthine; W. weinschenkite; F, fluortamarite.

complexe; mais fût-elle même très simple, il faut admettre au moins un coefficient $p:q$ caractéristique pour chaque variété d'une espèce donnée. On doit donc chercher en premier lieu à établir cette relation simple et ensuite comparer entre elles les variétés d'une même espèce. Les savants qui n'ont pu confirmer mes conclusions ont souvent pris en considération des variétés disparates qui appartenaient à des espèces et même à des genres tout différents.

Après la composition chimique, le facies et le mode de gisement sont des caractéristiques différencielles des amphiboles; les variétés d'une même espèce se rencontrent dans des gisements semblables.

La nuance bleue se montre toujours suivant l'axe cristallographique c, sans égard à l'orientation de l'ellipsoïde d'élasticité optique. Suivant b apparaissent toujours *les nuances caractéristiques* violettes, bleu gris, vert olive ou rougeâtres, etc. *La nuance violette* est en relation avec la teneur *en oxyde ferreux* et en magnésie, plus abondante que la chaux; la richesse en chaux entraîne les nuances bleu vert ou vertes fréquentes dans les hornblendes; une certaine teneur en TiO^2 fait apparaître des nuances d'un brun olive ou rougeâtre. Enfin, dans la direction de l'*axe cristallographique a on a des couleurs claires* (jaune vert, ou brunâtre, jusqu'à incolore).

Certaines amphiboles bleues absorbent d'une façon très intense la lumière suivant c et b : $c > b$ et parfois $b > c$, surtout pour les nuances bleues, violet foncé ou brun olive. Pour des amphiboles riches en oxydes ferreux et ferrique, l'absorption suivant c va jusqu'à l'opacité (riebeckite, etc.). La direction du maximum d'absorption est donc indépendante de l'orientation optique. L'angle d'extinction, le signe de l'allongement et l'orientation optique conduisent à la détermination des variétés des espèces définies par les propriétés indiquées plus haut. Il s'est confirmé que les angles d'extinction $n_g : c$ des variétés d'une même espèce croissent avec le rapport $Fe^2O^2 : Al^3O^3$. L'accroissement de ce rapport amène l'accroissement de n_m en l'égalant à n_g, puis en le dépassant; le minéral passe alors du signe optique positif au négatif (szechenyite, imerinite, arfvedsonite, barkévicite). Le minéral négatif devient uniaxe (glaucophane, hastingsite, riebeckite, lanéite, barroisite, etc.); puis le plan des axes optiques devient perpendiculaire à g^1 (010), le signe optique négatif (crossite, abriachanite, osannite, lanéite etc.). L'indice médian s'élève, mais la biréfringence $n_g - n_p$ s'affaiblit. La dispersion prononcée change de caractère d'une espèce, et même d'une variété à l'autre. Elle est puissante dans les variétés riches en oxydes ferreux et ferrique (abriachanite, rhodusite, osannite, torendrikite). A cause des couleurs de polarisation anormales, il est impossible de déterminer l'angle d'extinction, la biréfringence et même l'orientation optique. Pour certaines couleurs du spectre, le plan des axes optiques est transversal, pour d'autres parallèles à g^1 (010). La moindre variation dans la composition chimique (surtout du fer par rapport à l'alumine), amène des changements dans la grandeur relative des indices.

J'admets, avec M. Becke, qu'un mélange isomorphique de l'amphibole ferro-ferrique (riebeckite) avec l'amphibole alumino-magnésienne (gastaldite) pourrait expliquer ces variations.

BOTANIQUE. — *Sur l'origine morphologique du liber interne des Nolanacées et la position systématique de cette famille.* Note [1] de M. **Marcel Mirande**, transmise par M. Guignard.

Les Nolanacées sont des plantes américaines constituant, pour quelques auteurs, une famille placée dans le voisinage des Convolvulacées ou des Solanacées, et pour d'autres, sous le nom de Nolanées, une simple tribu, soit de la première de ces familles (Choisy, Bentham et Hooker, Van Tieghem, etc.), soit de la seconde (de Candolle, Baillon, etc.).

L'étude, résumée ci-dessous, de l'origine morphologique du liber interne de ces plantes permet de préciser leur place systématique.

J'ai suivi la formation de ce tissu dans plusieurs espèces de *Nolana* (*paradoxa*, *atriplicifolia*, *prostrata*).

Ces plantes ont une racine pivotante, dont le cylindre central, au premier âge, est constitué par un système fasciculaire binaire. Les deux faisceaux vasculaires, centripètes, ne tardent pas à se rejoindre pour former une bande vasculaire diamétrale. De bonne heure apparaît, en dedans de chaque faisceau libérien, un faisceau vasculaire centrifuge accolé contre la bande vasculaire diamétrale. L'appareil ligneux primaire est alors constitué par la lame vasculaire de protoxylème et par deux faisceaux de métaxylème accolés à cette lame. Un peu plus tard, sous le jeu d'une zone génératrice normale, l'axe de la racine devient tout entier ligneux ; au centre se distingue nettement le groupe primaire (protoxylème-métaxylème).

A son entrée dans l'hypocotyle l'appareil ligneux change d'aspect : le bois secondaire qui, dans la racine, est disposé en pachyte, s'évase en un grand nombre de cordons ligneux irréguliers comme formes, densité et position, noyés dans un parenchyme à membranes minces ; tous les éléments, ligneux ou minces, sont assez bien orientés radialement. A un niveau un peu plus élevé, le groupe primaire (protométaxylème) s'évase à son tour : les deux faisceaux de métaxylème s'écartent de la lame vasculaire diamétrale, laquelle se coupe au centre en deux fragments qui s'écartent de plus en plus; puis, chaque faisceau de métaxylème se sépare en deux cordons.

C'est au sein de ce nouvel appareil ligneux que prend naissance le liber interne : les premiers (non pas comme âge, mais comme niveau) cordons libériens apparaissent vers la base de l'hypocotyle, au sein du parenchyme ligneux secondaire ; on en voit naître successivement jusqu'à une dizaine environ, irrégulièrement distribués parmi les cordons ligneux. A un niveau un peu plus élevé, au point où s'évase le système primaire (protométaxylème), naissent d'autres cordons libériens. Le premier apparaît souvent contre la lame vasculaire dès qu'un premier faisceau de métaxylème s'en est

---

(1) Séance du 16 août 1922.

séparé. Dès que cette lame est brisée en deux tronçons laissant entre eux une moelle centrale, le premier cordon libérien, placé maintenant au centre de l'hypocotyle, s'épaissit; ensuite, un peu plus haut, ce cordon central s'évase en plusieurs branches. Tous ces derniers cordons libériens appartiennent, comme on le voit, au parenchyme ligneux primaire, et ce sont d'ailleurs les premiers formés.

A mesure qu'on s'élève dans l'hypocotyle, les cordons ligneux secondaires et primaires s'orientent vers la périphérie du cylindre central; la moelle s'agrandit et les cordons libériens primaires et secondaires, noyés primitivement en désordre parmi les cordons ligneux, s'orientent autour de la moelle. Un peu au-dessous des cotylédons, le liber interne est définitivement constitué et en place normale : il est formé par des cordons de tubes criblés, rangés en cercle autour d'une moelle libre. Les cordons libériens primaires, distribués en deux moitiés, sont destinés aux méristèles cotylédonaires, dont la partie ligneuse est formée, pour chaque méristèle, par un faisceau vascnlaire primaire accompagné, à sa droite et à sa gauche, par une moitié des faisceaux de métaxylème primitivement contigus à la lame diamétralevasculaire.

Le liber interne des *Nolana* se forme donc dans l'axe hypocotylé. Les recherches de Lamounette [1] ont montré que les familles à liber interne peuvent se diviser en deux groupes suivant que ce liber se forme dans l'hypocotyle, ou bien, au-dessus de cet axe, dans la tige normale. Dans les Solanacées, le liber interne est d'origine hypocotylaire, et dans les Convolvulacées il est d'origine caulinaire.

Par le caractère de l'origine de leur liber interne, caractère de grande précision, les Nolanées doivent être retirées définitivement des Convolvulacées. Ce caractère les ferait ranger dans les Solanacées, s'il n'était préférable, à cause de certains caractères floraux, d'en faire une famille à part entre les Borraginacées et les Solanacées. D'autres caractères anatomiques et surtout leur appareil sécréteur, constitué non par des laticifères, comme dans les Convolvulacées, mais par des cellules d'oxalate de calcium en *sable*, comme dans les Solanacées, caractères que j'ai observés dans tous les genres (*Nolana*, *Alona*, *Dolia*, *Nepaulia*, etc.), s'ajoutent d'ailleurs au caractère du liber interne pour préciser encore la parenté des Nolanacées avec les Solanacées.

---

[1] H. Lamounette. *Recherches sur l'origine morphologique du Liber interne*, (*Thèse*, Paris 1891).

BOTANIQUE. — *Observation cytologique sur un* Leptomitus *et en particulier sur le mode de formation et la germination des zoospores.* Note (¹) de M. A. Guilliermond, transmise par M. Gaston Bonnier.

En faisant séjourner dans l'eau des cadavres de Poissons, nous avons obtenu diverses formes de Saprolégniacées : l'une d'elles présente les caractères du genre *Leptomitus* et s'est montrée aussi favorable aux observations vitales que le *Saprolegnia*, trouvé sur des cadavres de Mouches, que nous avions étudié antérieurement.

Le thalle montre facilement sur le vivant, au sein d'un cytoplasme d'aspect homogène et hyalin, ses noyaux et son chondriome (*fig.* 1). Les noyaux apparaissent comme de petites vésicules rondes ou ovales, parfois en forme de fuseau, à l'intérieur desquelles se trouve un gros nucléole (N). Le chondriome, selon les régions du thalle, se présente tantôt sous forme de mitochondries granuleuses assez grosses, tantôt sous forme de bâtonnets, tantôt enfin sous forme de chondriocontes minces et onduleux (M). En général, les mitochondries granuleuses paraissent se rencontrer surtout dans les régions jeunes du thalle et les chondriocontes semblent être des formes d'accroissement suivi d'étirement des mitochondries granuleuses.

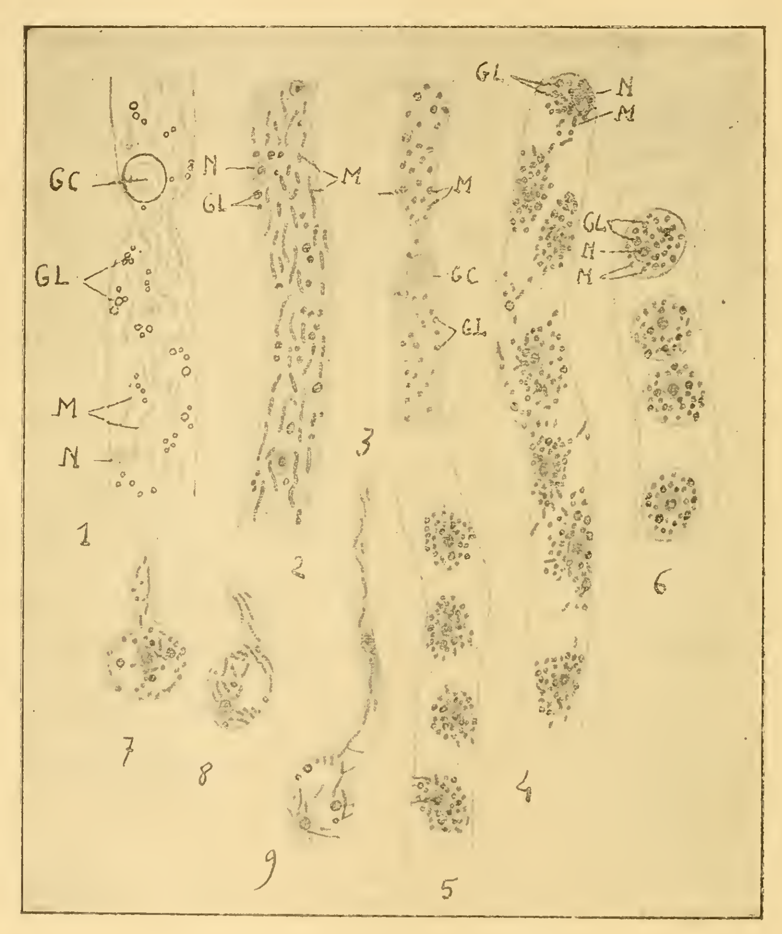
On observe en outre, dans le cytoplasme, des grains qui se distinguent des chondriocontes par leur réfringence très accusée, et leurs déplacements rapides paraissent dus en partie à des mouvements browniens (GL). Ces grains (microsomes de certains auteurs), dont le nombre et les dimensions varient beaucoup selon la région considérée, réduisent l'acide osmique et se colorent par le scarlach et le soudan. Ils ne se teignent pas par la méthode de Regaud, et représentent des granulations lipoïdes, simples produits du métabolisme cellulaire.

On remarque enfin de gros corpuscules, de structure concentrique, situés le plus souvent au niveau des étranglements des filaments et depuis longtemps connus sous le nom de « grains de celluline » (GC). Ces corpuscules prennent une teinte diffuse avec les colorants vitaux et se colorent faiblement, après fixation, par les teintures bleues d'aniline. Ils paraissent être intravacuolaires.

Le système vacuolaire est facile à mettre en évidence par les colorants vitaux qui ne teignent ni les noyaux, ni les chondriosomes, ni le cytoplasme,

(¹) Séance du 16 août 1922.

mais donnent au suc vacuolaire une teinte diffuse. Le contenu colorable des vacuoles présente les caractères de la métachromatine; après fixation par l'alcool ou par le formol et coloration au bleu de Crésyl ou à l'hémalun, il apparaît précipité sous forme de corpuscules métachromatiques. Dans les filaments jeunes, le système vacuolaire est représenté par de fins cana-



Cytologie d'un *Leptomitus* (Saprolégniée).

licules anastomosés en réseaux qui peu à peu se gonflent et se confondent pour former un canal vacuolaire unique occupant tout l'axe du thalle.

Les techniques mitochondriales mettent en évidence avec la plus grande netteté les noyaux et le chondriome, mais ne colorent pas la métachromatine. Les plus belles préparations sont obtenues par la méthode de Meves-Kull, avec laquelle les noyaux et les chondriosomes sont colorés en rouge par la

fuchsine acide et les grains lipoïdes en noir par l'acide osmique (*fig.* 2 et 3).

Cette méthode nous a permis de suivre tous les stades de la formation des zoospores. Les filaments destinés à former les zoosporanges sont remplis de granulations lipoïdes et renferment également une substance qui se teint en brun rougeâtre par le réactif iodo-ioduré et paraît être voisine du glycogène. Le système vacuolaire subit dans ces filaments une fragmentation et apparaît sous forme d'un très grand nombre de vacuoles de formes irrégulières : les unes assez grosses disposées au centre, les autres très petites vers la périphérie. Par la méthode de Meves-Kull, le cytoplasme apparaît parsemé de petites vacuoles incolores et de nombreux noyaux; le chondriome, entremêlé à une grande quantité de grains lipoïdes de dimensions variables, est exclusivement représenté par des mitochondries granuleuses et de courts bâtonnets. A un stade ultérieur, les vacuoles du centre augmentent de volume, tandis que l'on voit se produire des condensations du cytoplasme, formant autour de chaque noyau une petite masse remplie de chondriosomes et de grains lipoïdes qui représente l'ébauche d'une zoospore (*fig.* 4). D'abord de contours irréguliers, les ébauches des zoospores s'arrondissent et s'entourent d'une membrane (*fig.* 5). Une fois constituées, les zoospores montrent un unique noyau situé au centre et un cytoplasme renfermant un grand nombre de mitochondries granuleuses et de grains lipoïdes (*fig.* 6). L'observation à l'aide de colorants vitaux ou avec les méthodes propres à la différenciation de la métachromatine y révèle en outre la présence de nombreux corpuscules métachromatiques localisés dans de petites vacuoles. Le réactif iodo-ioduré y montre également de petites granulations d'une substance probablement voisine de glycogène.

Dès le début de la germination des zoospores, les vacuoles se fusionnent en grosses vacuoles, tandis que les mitochondries granuleuses s'allongent et prennent l'aspect de chondriocontes (*fig.* 7 à 9). En même temps le noyau se divise sans que nous ayons pu suivre le processus de sa division. Quant aux grains lipoïdes, ils se résorbent partiellement.

Nous avons obtenu des résultats semblables avec l'étude de la formation et de la germination des zoospores dans un *Achlya* trouvé dans les mêmes conditions que le *Leptomitus*.

Il est intéressant de constater que nous ayons pu suivre sur le vivant, et à tous les stades du développement, l'évolution du chondriome dans un champignon adapté à la vie aquatique, et à l'abri par conséquent de toute altération. Nos recherches apportent donc la preuve incontestable que les chondriosomes conservent toujours leur individualité.

ANATOMIE VÉGÉTALE. — *Sur l'évolution vasculaire dans la Mercuriale.* Note (¹) de M. **Georges Bouvrain**, transmise par M. Gaston Bonnier.

Au cours des recherches que j'ai entreprises sur l'appareil vasculaire des Dicotylédones, j'ai eu l'occasion d'étudier un assez grand nombre de plantules de *Mercurialis annua*. C'est pourquoi j'ai été très surpris en lisant les différentes Notes de M. Bugnon sur ce sujet.

Il prétend démontrer que l'organisation de la base du faisceau cotylédonaire médian ne présente pas une disposition ancestrale. Il constate que le faisceau cotylédonaire montre une première bifurcation dans la partie basilaire du limbe et une deuxième bifurcation dans sa partie terminale. Il déclare que la dernière a un caractère ancestral, notamment parce qu'elle ne se produit pas dans les feuilles suivantes, tandis qu'il refuse ce caractère à la première qui, cependant, ne se produit pas davantage dans les autres feuilles. Doit-on en conclure que, pour M. Bugnon, la partie terminale des cotylédons est plus primitive que la partie basilaire? Cela paraît assez paradoxal.

Cet auteur veut prouver que la base du faisceau cotylédonaire et la base des faisceaux des autres feuilles présentent une organisation identique et en particulier une bifurcation. Il conviendra toutefois que la bifurcation a lieu dans le limbe du cotylédon, tandis qu'elle ne se produit ni dans le limbe, ni dans le pétiole des autres feuilles, mais très profondément dans la tige. Voilà déjà une différence qui paraît très appréciable. L'auteur lui-même la met en évidence en constatant que la bifurcation, pour les feuilles végétatives, se produit après que la trace foliaire a traversé deux entre-nœuds; pour les deux premières feuilles végétatives elle se produit dès que le premier entre-nœud est traversé; enfin, pour les feuilles cotylédonaires, il n'y a plus qu'un « aspect de bifurcation ».

Mais il y a une autre différence plus grande encore. M. Bugnon n'hésite pas à dire que « l'étude anatomique et ontogénique comparée de la base du faisceau médian dans les cotylédons et dans les feuilles végétatives de la Mercuriale y révèle une organisation libéro-ligneuse identique dans ses traits principaux (²) ». Cependant il reconnaît que du bois centripète se

(¹) Séance du 16 août 1922.

(²) P. Bugnon, *L'organisation libéro-ligneuse, chez la Mercuriale, reproduit-elle une disposition ancestrale?* (*Comptes rendus*, t. 174, 1922, p. 1484).

différencie entre ce qu'il appelle les deux branches de la bifurcation, et que ce bois continue l'un des cordons ligneux de la racine. Il admet, sans insister autrement, que ce bois centripète est différencié avant le bois centrifuge appartenant aux branches cotylédonaires. Il ne mentionne pas qu'avant la différenciation de ce bois centrifuge deux faisceaux criblés alternant avec le bois centripète existent déjà. Au niveau où cette disposition de l'appareil vasculaire est réalisée on aurait, d'après M. Bugnon, un faisceau centripète venant de la racine, compris entre deux îlots criblés venant des cotylédons. Le premier aurait donc perdu son liber, ce qui est bien singulier, et le second n'aurait pas encore de bois. Pourquoi refuser aux deux groupes criblés qui accompagnent ce faisceau centripète le droit de faire partie de la même formation? Cette alternance n'est-elle pas comparable à celle qui existe dans toutes les racines? Comment expliquer que ce bois alterne se différencie avant le bois superposé et pourquoi ne pas reconnaître à la base cotylédonaire le caractère primitif dû précisément à la présence de ce bois alterne. En effet nous disons, avec M. G. Chauveaud, que le faisceau cotylédonaire est le faisceau foliaire le plus primitif; il a conservé des vestiges de l'organisation ancestrale, tandis que ces vestiges ont disparu dans les autres faisceaux foliaires. Pour M. Bugnon cette différence est d'autant plus gênante, au contraire, que son explication a été pour nous plus facile. Aussi déclare-t-il peu importantes les différences qu'on peut observer et qui sont causées, d'après lui, par l'influence du système sous-jacent. Par conséquent, après avoir refusé tout caractère ancestral à la base du faisceau cotylédonaire, il accorde un arrangement spécial au faisceau le plus voisin de la racine.

En parcourant les diverses Notes de M. Bugnon, on est surpris de ne pas voir un seul élément conducteur représenté de façon précise dans les figures et l'on est surpris davantage encore de rencontrer des constructions schématiques telles que la figure IV, dans sa Note du 6 juin [1]. Je ne crois pas qu'il lui soit possible de justifier, par un dessin détaillé ou par une microphotographie, la coupe transversale qui sert de base à cette figure IV et qui présente la coexistence bien anormale de deux faisceaux vasculaires centripètes et de deux faisceaux libéro-ligneux nettement séparés, et pourvus chacun d'un pôle ligneux non moins nettement figuré. Si la schématisation a pour but de simplifier une figure, elle n'autorise pas l'invention d'une figure fantaisiste.

---

[1] *Loc. cit.*, p. 1485.

Enfin, pourquoi poursuivre cette démonstration puisque les conclusions de M. G. Chauveaud sont prouvées de façon définitive et que la théorie du raccord ne peut plus être soutenue? En effet, dans sa dernière Note, M. Bugnon fait cette déclaration : « Il est clair que tant que M. G. Chauveaud n'aura pas démontré la continuité initiale du procambium, des cotylédons à la première racine, l'accélération basifuge restera une simple interprétation des faits, à laquelle une autre au moins pourra s'opposer, sous le nom de théorie du raccord [1]. »

Or la preuve de la continuité a été faite, non pas, il est vrai, par M. G. Chauveaud, mais le nom de l'auteur importe peu, pourvu que sa compétence soit indiscutable. A cet égard, nous avons toute quiétude; sa compétence ne sera certainement pas mise en doute par M. Bugnon, puisque cet auteur est M. Bugnon lui-même. C'est lui qui a établi la continuité des cordons procambiaux, des cotylédons à la racine, sur un embryon ayant à peine $\frac{4}{10}$ de millimètre de longueur qui « offre déjà l'ébauche reconnaissable de son appareil conducteur, tant dans ses cotylédons que dans sa radicule » [2]. Il a constaté que cette continuité existe dès ce moment, ainsi qu'il le dit dans sa Note, de la façon suivante : « La continuité de l'appareil conducteur cotylédonaire et de l'appareil conducteur radical est établie à ce stade [3]. »

GÉOCHIMIE. — *Sur le nickel et le cobalt dans la biosphère.* Note de M. **W. J. Vernadsky.**

Dans une Communication récente M. G. Bertrand et M. Mokragnatz ont attiré l'attention sur un très intéressant problème. Ils ont démontré la présence constante du nickel et du cobalt dans le sol et pour la première fois y ont déterminé leur quantité [4].

La présence du nickel et du cobalt avait été constatée pour la première fois dans les couches superficielles de la terre en 1854 par le naturaliste

---

(1) P. Bugnon, *Sur l'accélération basifuge dans l'hypocotyle* (*Comptes rendus*, t. 175, 1922, p. 44).

(2) P. Bugnon, *Sur l'hypocotyle de la Mercuriale* (*Comptes rendus*, t. 174, 1922, p. 955).

(3) *Loc. cit.*, p. 955.

(4) E. Bertrand et Mokragnatz, *Comptes rendus*, t. 175, 1922, p. 113-114.

danois J. Forchhammer (1). Dans les années 1870-1890 l'attention avait été attirée sur cette présence du nickel à propos du problème de la poussière cosmique. Ces recherches ont mis en lumière la grande dispersion du nickel sur toute la surface terrestre. Il y avait lieu de s'attendre à sa présence dans les organismes, dans la matière vivante.

Mais pour ce qui est du nickel et du cobalt, il faut tenir encore compte de circonstances spéciales, qui nous ont poussé à y chercher leur présence.

Ces éléments appartiennent, par leurs réactions géochimiques, leurs minéraux primaires et en partie secondaires, à la *série isomorphe du magnésium*, et dans la chimie de la biosphère, cette série isomorphe se manifeste aussi dans des processus que l'on constate dans les organismes. Les éléments composant cette série isomorphe donne lieu par des phénomènes chimiques analogues et à des composés ayant des fonctions semblables, dans la nature inorganique, et dans les organismes.

Ainsi, en biochimie, les métaux de cette série : Mg, Fe, Zn, Cu et Mn, comme nous le voyons de plus en plus, ont, sous beaucoup de rapports, le même sort et dans différents groupes du monde organique remplissent des fonctions analogues, en se substituant l'un à l'autre. Dans une quantité de pigments albumineux complexes, qui jouent un rôle immense dans les processus physiologiques du règne animal et végétal; dans les chlorophylles, hémoglobines, hémocyanines, hémosycotypines, pinnaglobines, etc., les métaux de cette série isomorphe sont non seulement nécessaires à leur formation, mais sont liés par les mêmes rapports à d'autres éléments chimiques du composé. En même temps, certaines autres de leurs manifestations au cours de processus physiologiques rappellent en bien des points les faits habituels de ressemblance chimique, inhérents aux éléments (ou à leurs groupes), appartenant à la même série isomorphe. Une telle situation particulière de ces seuls cinq métaux d'une même série isomorphe nous fait penser que ses autres membres doivent se manifester d'une façon analogue dans les processus chimiques de la nature vivante. Cette série, basée sur des données minéralogiques, comprend les éléments suivants (2) ; Mg, Fe, Zn, Cu, Mn, Ni, Co, Cd, peut-être In.

---

(1) J. Forchhammer, *Pogg. Ann. d. Phys.*, t. 95, 1855, p. 73 et suiv.

(2) Il est nécessaire, lors de nos recherches sur les séries isomorphes des éléments chimiques, de prendre en considération les conditions thermodynamiques et autres du milieu, dans lequel ont lieu les réactions chimiques. La série isomorphe ne peut se maintenir que dans les limites précises et l'on ne doit pas tenir compte des éléments de l'écorce terrestre, constitués par des composés qui n'y ont pas été observés. C'est

Ni pour l'indium (¹), ni pour le cadmium, nous ne disposons d'aucune observation décelant leur présence dans les organismes. Pour ce qui est de l'indium, en raison de son rôle exceptionnel dans l'histoire de l'écorce terrestre (²), on peut penser que les organismes n'en contiennent pas à l'état de concentration. Au contraire, pour le cadmium le cas est tout autre; sa présence sera probablement constatée dans les organismes quand on l'y cherchera. Mais l'indium d'autre part, en raison même de sa dispersion universelle, doit être trouvé à l'état de traces dans les organismes, et son absence complète présenterait un fait insolite dans son histoire.

La présence du nickel et du cobalt a été prouvée dans les organismes — dans des algues marines, dans les cendres des arbres (du chêne) — en 1854, par J. Forchhammer (³). En outre, on s'est heurté accidentellement à d'autres cas isolés de leur présence, principalement dans les plantes. Mais ces indications ne donnent aucun tableau général et l'importance du nickel et du cobalt pour la vie des organismes ne peut être considérée comme prouvée. La constance de la présence de ces éléments dans la matière vivante n'est pas établie (⁴).

En raison des considérations ci-dessus j'avais commencé à Kief en 1918-

---

pourquoi on aurait tort de considérer le glucinium comme appartenant à cette série dans les processus de l'écorce terrestre. A cette série appartiennent Ca, Ba, Sr, observés exclusivement dans quelques groupes de minéraux déterminés (par exemple, les pyroxènes et amphiboles) et qui probablement ne font pas partie de cette série dans la matière vivante.

(¹) L'indium paraît occuper une place isolée. Sa quantité maximum dans les minéraux dépasse peu 1 pour 100. Il se trouve dans un état de grande dissémination et appartient à un groupe particulier d'éléments chimiques, formant des molécules (composés chimiques) seulement dans des cas exceptionnels et quelquefois n'en formant pas du tout dans les champs thermodynamiques déterminés de l'écorce terrestre. Sur ce groupe de 10 éléments chimiques, tous aux nombres atomiques impairs, voir mon article en russe dans *Priroda*, 1922. Comp. *The Nature*, vol. 110, 1922, p. 229.

(²) Sur l'histoire de l'indium dans l'écorce terrestre, voir W. Vernadsky, *Bulletin de l'Académie des Sciences de Saint-Pétersbourg*, 1911, p. 187.

(³) J. Forchhammer, *Pogg. Ann. d. Phys.*, t. 95, 1855, p. 90; *Oversigt af Danske Vidensk. Selsk. Forhandlingar*, 1854, 1855, p. 398.

(⁴) Legrip, *Journ. de Ch. médic.*, 2ᵉ série, 7, 1841, p. 120 (*Lathyrus odor.*). — A. Chevallier et G. Cottereau, *Annales de l'hyg. publ.*, t. 42, 1849, p. 164. — H. Osborne, *Origin and evolution of life*, 1918, p. 54. — E. Cornec, *Comptes rendus*, t. 168, 1919, p. 513. — F. Czapek, *Biochemie d. Pflanz.*, 2ᵗᵉ Aufl., II, 1920, p. 504.

1919 (avec l'aide de l'Académie des Sciences de l'Ukraine) des recherches sur leur présence dans les organismes. Malheureusement les conditions difficiles de la guerre civile et le désarroi de la vie ne m'ont pas permis ni de finir ce travail, ni de le continuer sur la large échelle du début.

Quoi qu'il en soit, *le nickel et le cobalt ont été découverts dans tous les organismes où on les a cherchés*. Pour les trouver en prenant toutes les mesures de précaution nécessaires, on s'est servi du réactif du professeur L. Tschougajeff, le diméthylglyoxime. La présence du nickel et du cobalt peut être établie quantitativement dans les plantes. Elle a été constatée dans toutes les Mousses étudiées des environs de Kief ([1]). Mon assistant, M[me] M. J. Bezsmertny, les a reconnus dans les plantes suivantes des environs de Kief : *Plantago media*, *Ficaria ranunculoides*, *Salvia pratensis*, *Taraxacum officinale*, *Avena pubescens*, *Lamium purpureum*. *Capsella bursa pastoris*, *Stratiotes aloides*, *Lysimachia thyrsiflora*. Toutes ces plantes ont été prises en entier, avec leurs racines et leurs fleurs, elles avaient été cueillies spécialement dans ce but, pesées et les cendres tirées d'une grande quantité d'exemplaires.

Le professeur W. Sadikov (Institut du Radium, Académie des Sciences de la Russie, Petrograd) a trouvé le cobalt dans l'*Echium vulgare* L., de Salguirka, Crimée. Les essais de M[lle] I. D. Starynkewitch ont prouvé la présence du nickel (en traces) dans les cendres d'une souris domestique.

ZOOLOGIE. — *Une perle fine de culture sans noyau de nacre.* Note de M. **Louis Boutan**, présentée par M. Louis Joubin.

Dans un Mémoire publié l'année dernière ([2]), je m'étais préoccupé de l'étude du noyau dans les perles fines naturelles et de culture japonaise. J'arrivais à cette conclusion que les caractères du noyau, invisible extérieurement, ne pouvaient fournir un criterium, ni important ni accessoire, à la définition de la perle fine.

J'ajoutais qu'il me paraissait inutile, comme l'avaient suggéré Lyster-Jameson ([3]) et M[lle] Lemaire ([4]) de substituer dans la culture, au noyau de

---

([1]) Les espèces ont été déterminées avec précision. Je n'ai pas sous la main leurs noms.

([2]) Louis Boutan, *Étude sur les perles fines, et, en particulier, sur les nouvelles perles complètes de culture japonaise* (*Bull. Soc. Scient. d'Arcachon*, 1921.

([3]) Lyster-Jameson, *The Japanese artificially induced pearl* (*Nature*, Londres, mai 1921).

([4]) M[lle] Lemaire, *La production industrielle des perles fines au Japon* (*Bulletin de la Société Franco-Japonaise*, n° 48, 1921).

nacre généralement employé par les Japonais, une petite perle naturelle; car cela ne constituait qu'une satisfaction purement théorique, puisque le noyau n'avait pas d'influence sur la beauté de la perle fine.

Ce noyau de nacre n'en restait pas moins le seul caractère, qui, *sur une coupe*, permit de différencier la perle de culture de la perle naturelle et MM. Galibourg et Rysiger (¹) ont imaginé un appareil qui, selon les auteurs, rend possible de reconnaître, *dans les perles perforées*, les perles japonaises cultivées des perles naturelles.

Cet appareil pourrait ne pas être appelé à un long avenir.

Il semble, en effet, que M. Mikimoto, qui a si ingénieusement trouvé la méthode de culture des perles complètes, a prévu, depuis plusieurs années, les objections que l'on pouvait faire à la présence dans les perles de culture d'un noyau de nacre. Or il ne faut pas oublier que *le choix du noyau reste à la discrétion du cultivateur*, *qui peut le modifier à son gré*.

Par l'intermédiaire de M. L. Pohl, qui m'a déjà fourni tant de documents précieux, j'ai reçu récemment pour l'étude un échantillon de perle sectionnée qui porte comme indication : « perle obtenue *par culture sans noyau de nacre* » (les deux moitiés réunies pèsent 13,68 grains).

Ce bel échantillon de forme allongée, en forme de poire un peu irrégulière, atteint 1^{cm},5 environ dans sa plus grande longueur. Il porte à son extrémité élargie deux sillons longitudinaux et sur le côté droit de la portion élargie, une petite boursouflure noire (*fig.* 1). Ses caractères extérieurs l'éloignent des perles du Japon et le rapprochent des perles obtenues avec la grande *Meleagrina margaritifera*. Il rentre donc dans la catégorie da type n° 2, avec courbes de niveau et points sur fond uni (²).

C'est, *au point de vue des caractères extérieurs*, une perle fine typique (*fig.* 1, n° 1).

La section qui a été faite selon le grand axe de la perle permet de se rendre compte de la structure de l'échantillon (*fig.* 1, n° 2).

Correspondant à l'axe, on aperçoit au centre un dépôt calcaire blanchâtre. Il se présente sous forme de petites masses d'apparence irrégulière d'une longueur de 1^{cm},2, sur une largeur maximum de 1^{mm} et une largeur d'un quart de millimètre environ.

Ce dépôt est cerné par des couches de matière perlière, régulièrement disposées sur la plus grande partie de la perle. Les premières couches internes sont teintées en noir par des traces de matière organique, sur le pourtour du dépôt.

La teinte noire s'atténue progressivement vers l'extérieur, *passant graduellement, par place*, *à une teinte brune plus ou moins foncée* (*fig.* 1, n° 3). Les couches les plus externes de matière perlière, sans coloration spéciale, ont une épaisseur moyenne de 2^{mm} environ. La disposition est moins régulière et la teinte noire et brune est plus

(¹) Galibourg et Rysiger, *Sur une méthode permettant de reconnaître les perles japonaises cultivées* (*Comptes rendus*, t. 174, 1922, p. 1012).

(²) Boutan, *Étude sur les perles fines, et, en particulier, sur les nouvelles perles complètes de culture japonaise*, p. 79 (*fig.* 2).

étendue dans la partie qui correspond à la portion élargie de la perle (*fig.* 1, n° 3). On n'aperçoit aucune trace de *noyau de nacre* et *les couches perlières sont nettement concentriques*. L'aspect de la section rappelle celui des sections de perles fines natu-



Perle complète de culture sans noyau de nacre.

1. Perle vue par sa surface extérieure grossie 4 fois environ. — 2. La même perle vue du côté de la coupe. On aperçoit au centre la matière calcaire granuleuse et tout autour les assises perlières colorées en noir. — 3. Le centre de la perle et la matière granuleuse fortement grossie.

relles de forme allongée, où l'on trouve souvent une portion granuleuse centrale et un noyau secondaire parfois très développé.

Rien, ni dans l'aspect extérieur, ni dans l'aspect de la section de l'échantillon, ne me paraît le distinguer d'une production naturelle.

Si l'échantillon représente réellement une perle de culture, ce qui est probable, *mais ce que je ne puis vérifier scientifiquement* comme dans les perles de culture à noyau de nacre, les trois conclusions suivantes s'imposeraient :

1° On peut obtenir des perles complètes de culture, identiques de tous points à des perles fines naturelles, en greffant dans le Mollusque le sac perlier sans noyau.

2° L'appareil Galibourg et Rysiger indiquerait dans ce cas une perle naturelle, puisqu'il n'y a plus de noyau de nacre.

3° L'assertion, si souvent formulée dans ces derniers temps, que la perle de culture n'a jamais pu dépasser le poids de 6 grains serait inexacte, puisque l'échantillon examiné ci-dessus pèse plus de 13 grains.

En dehors de ces conclusions, il reste à formuler une remarque intéressante.

Dans une Communication récente, fortement documentée, M. Cazeneuve (1) posait la question suivante : « Je suppose l'identité complète absolument démontrée, une question se pose aussitôt. *Un commerçant a-t-il le droit, en raison de l'identité absolue, de substituer une perle de culture à une perle naturelle spontanée?* »

Si le nouveau procédé de M. Mikimoto donne réellement des perles de culture sans noyau de nacre, par le fait même que *l'opération de culture porte sur des méléagrines susceptibles de contenir des perles naturelles*, M. Mikimoto lui-même ne pourra jamais affirmer avec une certitude *complète* que les perles récoltées sont des perles de culture. Il n'aura même plus, comme pour les perles de culture à noyau de nacre, la ressource de les couper pour les distinguer des perles naturelles. Comment, dans ces conditions, un commerçant pourrait-il substituer une perle de culture à une perle naturelle spontanée?

La séance est levée à 16 heures.

A. Lx.

---

(1) Cazeneuve, *Les perles de culture et l'application de la loi du 1er août 1905* (*Annales des Falsifications et des Fraudes*, n° 160, 1922, p. 112).

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 28 AOUT 1922.

PRÉSIDENCE DE M. L. MAQUENNE.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

BOTANIQUE APPLIQUÉE. — *Sur la destruction de charpentes au château de Versailles par le* Phellinus cryptarum *Karst.* Note de MM. **L. Mangin** et **N. Patouillard.**

Nous avons reçu de M. Chaussemiche, architecte du Palais de Versailles, des débris de poutres en chêne entièrement décomposées par une pourriture due à un champignon dont le mycélium blanc était abondant au milieu des éléments désagrégés du bois. Ils étaient accompagnés de fructifications résupinées ou dimidiées qui ont pu être déterminées et appartiennent au *Phellinus cryptarum* Karst.; *Polyporus cryptarum* Fr.; *Boletus cryptarum* Bull.; *Polyporus undatus* Pers.

Par une visite au château de Versailles dans la vieille aile Louis XIII menacée de ruine, l'un de nous a pu constater que les poutres en chêne étaient noyées dans le plâtre et celui-ci avait reçu un enduit imperméable qui, en conservant l'humidité dans le bois, le soustrayait à l'action de la lumière et réalisait, par la constitution d'un milieu humble et obscur, les conditions les plus favorables au développement du champignon.

Aussi les poutres, principalement les parties externes enclavées dans la maçonnerie, étaient-elles réduites en une sorte de charpie sans consistance dont les éléments allongés dans le sens de la poutre donnaient aux parties attaquées un aspect particulier qu'on ne rencontre chez aucune des espèces destructrices du bois.

Sur les enduits recouvrant le plâtre, on trouvait aussi de larges surfaces d'un mycélium aranéeux qui ne pénétrait jamais dans le bois : c'est le *Coniophora membranacea.*

Enfin un certain nombre de poutres étaient vermoulues et, d'après les observations de M. Lesne, assistant au Muséum, qu'il a bien voulu nous communiquer, il a trouvé dans ces bois vermoulus le *Xestobium rufovillosum* Deg. prédominant et l'*Anobium domesticum* Geoffr. plus rare, qui attaquent les bois sains. A ces deux hôtes, s'ajoutent le *Rhyncolus culinaris* Germ. qui intervient ensuite dans les bois vermoulus, attiré peut-être par les mycéliums développés dans le bois et en dernier lieu le *Procrœrus tibialis* Lacord. Elatéride carnassier vivant aux dépens des espèces précédentes. C'est la première fois, d'après M. Lesne, que l'on trouve un Elatéride dans nos habitations. Le bois vermoulu présentait çà et là de nombreuses crevasses perpendiculaires à la direction des fibres et témoignant de la présence de la Mérule (*Gyrophana lacryurans* Pat.) dont les effets destructeurs paraissent avoir été enrayés par l'aération.

On le voit, la faune et la flore des combles du pavillon contaminé du château de Versailles sont assez variées, mais c'est surtout le *Phellinus cryptarum* qui domine et c'est lui dont il convient d'étudier les effets jusqu'ici inconnus, à notre connaissance du moins.

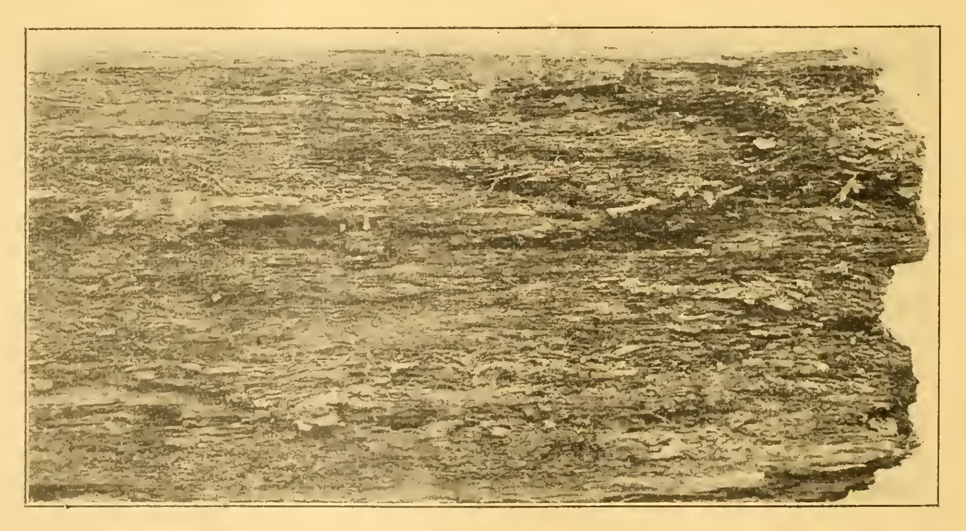


Fig. 1. — Fragment d'une poutre du château de Versailles, réduite en charpie par le *Phellinus cryptarum*.

Le bois attaqué se présente sous l'aspect de masses très légères s'effritant aisément sous la pression en masses allongées fibrillaires qui s'aplatissent sous la pression sans se réduire en poudre comme c'est le cas pour les frag-

ments résiniformes des bois attaqués par la Mérule (*fig.* 1). La transformation du bois en charpie fibrillaire est due à ce qu'il reste encore, dans les parties décomposées, de longs cordons de membranes encore lignifiées occupant les angles des cellules et reliées entre elles, çà et là, par des barres transversales ayant aussi conservé leur constitution normale; tout le reste du tissu est formé d'éléments déchiquetés où, successivement, les composés de la lignine, puis les éléments celluloso-pectosiques ont disparu.

Dans certaines parties confinant aux régions encore saines du bois de ces vieilles poutres, on assiste au développement progressif de la pourriture. Dans les échantillons que nous avons observés, le début de l'attaque du bois est marqué par un phénomène bien singulier; sous l'action du parasite, les ponctuations aréolées sont libérées par la dissolution complète de la

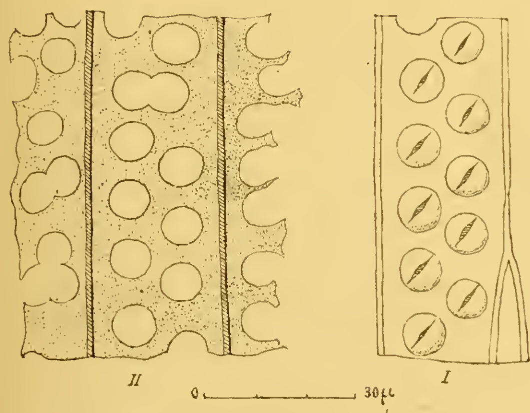


Fig. 2. — I, fibres du bois sain avec ses ponctuations aréolées; II, fibres du bois décomposé criblé de trous formés par la disparition des ponctuations aréolées.

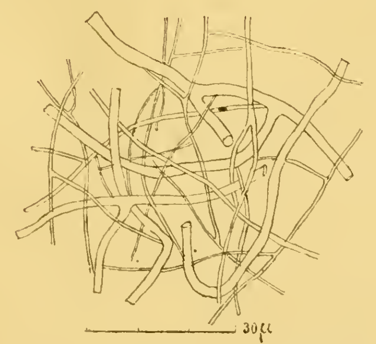


Fig. 3. — Fragment de la trame des fructifications normales et des fructifications stériles; les filaments mycéliens larges sont colorés en fauve clair.

membrane qui les limite et la paroi des cellules se montre criblée de trous, bien avant qu'elle ne se dissolve progressivement (*fig.* 2, II). L'aspect du bois ainsi attaqué est caractéristique. On a déjà observé ce fait dans les bois attaqués par l'*Ungulina annosa*, mais avec un caractère moins constant; les ponctuations aréolées mises ainsi en liberté nagent dans le liquide de la préparation et parfois en si grande abondance qu'elles simulent des amas de spores; la régularité de cette dissolution démontre qu'elle s'exerce sans aucun doute au moyen d'un enzyme sécrété par le mycélium. Les rayons médullaires résistent plus longtemps et forment de grandes lames au milieu des tissus décomposés. En tout cas, les éléments cellulaires dont la paroi est

en voie de dissolution progressive sont envahis par un abondant mycélium blanc entièrement fin, dévariqué, d'une épaisseur de $0^{\mu},5$ à 2^{μ} ou 3^{μ}, sans boucles à ramifications, très divergentes et irrégulières, formant un feutrage lâche très abondant dans les vaisseaux plus ou moins décomposés ou dans les larges fentes résultant de la décomposition des tissus (*fig.* 4).

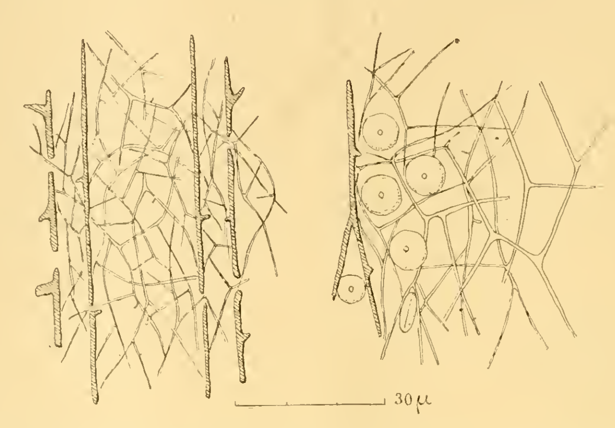


Fig. 4. — *A gauche*, mycélium développé dans le bois décomposé dont les éléments lignifiés persistants sont marqués en hachures; *à droite*, mycélium enveloppant les ponctuations libérées par la dissolution de la membrane périphérique.

Les fructifications du *Phellinus cryptarum* (Bull.) se présentent, dans leur état le plus parfait, sous la forme de plaques étalées plus ou moins orbiculaires atteignant jusqu'à 20^{cm} de diamètre, attachées au support par un point central ou par plusieurs points lorsqu'elles sont confluentes.

Toute la surface libre, c'est-à-dire la face dorsale de la fructification est de couleur fauve ou brune, villeuse ou soyeuse, ridée ou vaguement zonée, sillonnée; la marge est aiguë et de même couleur. Les tubes très longs (1^{cm} à 5^{cm}) placés sur la face inférieure sont disposés d'ordinaire en une seule assise, plus rarement ils sont stratifiés; leur couleur est brun clair ou cannelle. La trame, ordinairement mince, est de la même couleur que les tubes, sa consistance est molle spongieuse; la fructification peut être aisément pliée ou comprimée. Fréquemment de nouvelles plaques prennent naissance sur la couche de tubes déjà formés, s'étalent sur l'ancien mycélium et la plante prend un aspect imbriqué.

Outre cette forme normale avec chapeau bien formé et muni de tubes, on rencontre souvent des spécimens réduits à une simple membrane lisse ou ondulée souple comme du liège, facilement séparable du support et ne présentant aucun indice de fructification.

Le champignon est dépourvu de cystides et nous n'avons pas réussi à trouver les spores. Sous l'action d'une humidité exagérée, le champignon laisse échapper de nombreuses gouttelettes qui en séchant maculent la face supérieure du chapeau de petites taches noires irrégulièrement distribuées.

La structure de la trame rappelle le feutrage que nous avons signalé dans le bois décomposé, elle renferme les mêmes éléments, seulement les filaments mycéliens de 2^{μ} ou 3^{μ} sont plus abondants et légèrement colorés en fauve pâle (*fig.* 3). Le feutrage du mycélium est de plus en plus dense à mesure qu'on s'approche de la surface. Cette surface doit sa couleur brune au dépôt de granulations irrégulières dans le lacis des filaments mycéliens.

Ainsi défini le *Phellinus cryptarum*, qui n'avait pas encore été signalé ni étudié comme destructeur des charpentes, a été confondu par quelques auteurs avec d'autres espèces, ce qui n'a pas peu contribué à obscurcir son histoire. Il a été rattaché indûment à l'*Ungulina annosa* dont l'action sur le bois a été l'objet du travail classique de Hartig sous le nom de *Trametes radiciperda;* mais ce dernier a des fructifications dures et rigides, à croûte épaisse, à trame, pores et tubes blancs, caractère qui se retrouve dans les ébauches stériles de fructifications développées dans les mines, et décrites sous le nom de *Polyporus Gilloti* (Roum). L'action sur le bois est bien différente, puisque les tissus décomposés, remplacés par un feutrage mycélien, forment des îlots disséminés au milieu du bois sain.

La confusion la plus grave a été faite par Montagne (¹) qui a désigné sous le nom de *Phellinus cryptarum* un champignon provenant des mines de Luchon, que lui avait communiqué M. Cazin (²). D'après la description donnée par Montagne et l'examen des échantillons conservés dans l'Herbier du Muséum, le champignon de Bagnères-de-Luchon, par sa couleur d'un jaune pur magnifique en dessous et sa teinte grenat roux en dessus, par la présence de nombreuses cystides allongées, à parois épaisses, n'a rien de commun avec le *Phellinus cryptarum.* C'est une autre espèce, le *Leptoporus rufo flavus* Berk. et Curt., décrite des Antilles en 1869, retrouvée dans toute l'Amérique tropicale, Ce champignon n'est pas rare dans les serres, dans les galeries de mines, etc. Il a été publié en nature et décrit par Rabenhorst en 1876 sous le nom de *Polyporus Braunii* (*Polystictus* Sacc. pour nous *Leptoporus*).

(¹) MONTAGNE, *Ann. Sc. nat. Bot.*, 1858, p. 156.

(²) CAZIN, *Champignons de Bagnères-de-Luchon* (*Ann. Sc. Hydrol. méd.*, vol. 417. 1858-1859).

Le véritable *Phellinus cryptarum* se rencontre dans les caves, les galeries de mines et en général dans les lieux humides non aérés, obscurs; il n'avait pas encore été signalé dans les habitations. Tout récemment, nous avons reçu au Laboratoire de Cryptogamie du Muséum une poutre en chêne attaquée par ce champignon et offrant les mêmes caractères que ceux que nous avons décrit pour les bois décomposés du château de Versailles. L'échantillon provenait d'un plafond effondré par suite de la pourriture du bois, dans une chambre de l'appartement de l'École communale de la Forêt-Sainte-Croix, canton d'Étampes. Cette chambre, obscure et non aérée, où l'humidité était entretenue par une gouttière, n'avait pas été habitée depuis quinze ans. Le *Phellinus cryptarum* est donc un destructeur des bois presque aussi redoutable que la Mérule, mais le plus souvent l'aération, la dessiccation et enfin la lumière suffiront pour en atténuer presque complètement les ravages.

CORRESPONDANCE.

M. le Secrétaire perpétuel signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

Gabriel Guilbert. *La prévision scientifique du temps. Traité pratique.*

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur le développement de l'intégrale* $\int_a^b \frac{p(y)}{x-y}\,dy$ *en fraction continue.* Note (¹) de M. **Jacques Chokhate**, transmise par M. Appell.

1. Soit $p(x)$ une fonction intégrable et non négative dans l'intervalle $(0, l)$ $(l > 0)$. On a les développements en fractions continues bien connus :

$$(1)\qquad \int_0^l \frac{p(y)}{x-y}\,dy = \cfrac{1}{l_1 x + \cfrac{1}{l_2 + \cfrac{1}{l_3 x + \dots}}} \qquad (1^a)$$

$$= \cfrac{b_1}{x - \cfrac{b_2}{1 - \cfrac{b_3}{x - \dots}}} \quad (1^b) = \cfrac{\lambda_1}{x - c_1 - \cfrac{\lambda_2}{x - c_2 - \dots}} \quad (1^c),$$

(¹) Séance du 7 août 1922.

et

$$(2)\qquad b_n = -\frac{1}{l_{n-1}l_n}, \qquad \lambda_n = b_{2n-2}b_{2n-1}, \qquad c_n = b_{2n-1} + b_{2n} \qquad (n \geqq 2)$$ [1].

Soient les dénominateurs des réduites successives de (1^c)

$$\overline{\varphi_n}(x) = x^n - S_n x^{n-1} + \ldots \qquad (n = 0, 1, 2, \ldots).$$

On peut construire une suite orthogonale et normale de polynomes de Tchebicheff correspondant à l'intervalle $(0, l)$ et à la fonction caractéristique $p(x)$:

$$\varphi_n(x) = a_n \overline{\varphi_n}(x), \qquad \int_0^l p(x)\,\varphi_m(x)\,\varphi_n(x)\,dx = \begin{cases} 0 & (m \neq n), \\ 1 & (m = n), \end{cases}$$

et la relation de récurrence entre $\overline{\varphi_n}$, $\overline{\varphi_{n+1}}$, $\overline{\varphi_{n+2}}$ donne

$$(3)\qquad \lambda_{n+2} = \frac{A_n}{A_{n+1}}, \qquad c_{n+2} = S_{n+2} - S_{n+1}, \qquad S_n = \sum_1^n c_i \qquad (A_n = a_n^2).$$

2. *Hypothèses.* — 1° $p(x)$ s'annule aux points $0 \leqq x_1, x_2, \ldots, x_m \leqq l$, dont le nombre est limité de telle manière que l'on ait dans un intervalle

$$\frac{p(x)}{|x - x_i|^{k_i}} \geqq A \geqq 0,$$

A et k_i désignant certaines quantités positives.

2° $p(x) \geqq p_0 > 0$ pour $0 \leqq x \leqq l$, mais en dehors de $(x_i - \delta, x_i + \delta)$.

Théorème. — *Sous les conditions* ($\star$) *on a, pour* $n = \infty$, *dans l'intervalle* fini $(0, l)$:

1° $b_n \to \frac{l}{4}$, $\quad \lambda_n \to \frac{l^2}{16}$, $\quad c_n \to \frac{l}{2}$, $\quad -l_{n-1}l_n \to \frac{1}{4}$, $\quad \frac{l_{2n}}{l_{2n-2}} \to 1$, $\quad \frac{l_{2n+1}}{l_{2n-1}} \to 1$;

2° *Les séries infinies* $\sum \left(c_n - \frac{l}{2}\right)^\varepsilon$, $\sum \left(\lambda_n - \frac{l^2}{16}\right)^\varepsilon$ *convergent pour* $\varepsilon = 1, 2$;

$$\left.\begin{aligned} &3^\circ\ a = \left(\frac{4}{l}\right)^n A(1 + \varepsilon_n) \\ &4^\circ\ S_n = \frac{nl}{2} + \sigma + \varepsilon'_n \end{aligned}\right\} \varepsilon_n,\ \varepsilon'_n \to 0 \text{ pour } n = \infty,$$

$A > 0$ *et* σ *désignant des quantités déterminées ne dépendant pas de* n.

Il en résulte *pour un intervalle fini* (a, b) *quelconque*

$$\lambda_n \to \left(\frac{b-a}{4}\right)^2, \qquad c_n \to \frac{b+a}{2} \qquad \text{pour } n = \infty.$$

$$a_n = \left(\frac{4}{b-a}\right)^n A(1 + \varepsilon_n), \qquad S_n = n\frac{b+a}{2} + \sigma + \varepsilon'_n \qquad (\varepsilon_n, \varepsilon'_n \to 0).$$

---

[1] Stieltjes, *Recherches sur les fractions continues* (*Ann. de Toulouse*, 1894).

3. A la fonction caractéristique $xp(x)$ correspond, dans $(0, 1)$, $l=1$, le polynome de Tchebicheff

$$\Phi_n(x)=\sqrt{B_n}(x^n-S'_n x^{n-1}+\ldots) \qquad (n=0, 1, 2, \ldots).$$

Des formules de Stieltjes (*loc. cit.*) on déduit

$$(4) \qquad b_{2n}=\frac{A_{n-1}}{B_{n-1}}, \qquad b_{2n+1}=\frac{B_{n-1}}{A_n}, \qquad 0<b<b_n<1, \qquad 0<l<\lambda_n<1.$$

On a d'ailleurs

$$S_n-\frac{n}{2}=\sum_1^n\left(c_i-\frac{1}{2}\right)=\sum_{2}^{n}\left(b_{2i-1}-\frac{1}{4}\right)+\left(b_{2i}-\frac{1}{4}\right)+b_2-\frac{1}{4},$$

$$\prod_1^{2n+1}4b_i=\frac{1}{4}\prod_1^{n+1}16\lambda_i=4\times\frac{16^n}{A_n},$$

$$(5) \qquad 0<H<H_n=\prod_2^n 4b_i<K, \qquad \left|\sum_2^n(4b_i-1)\right|<\tau,$$

K, H, τ ne dépendant pas de n.

Considérons maintenant $\log H_n$ et remarquons que

$$|u_i|=|4b_i-1|<3, \qquad \log(1+u_i)=u_i-u_i^2\theta_i, \qquad \theta_i>\frac{1}{32}.$$

On verra alors que $\sum\limits_2^n u_i^2$ reste finie, quelle que soit n. Donc, *la série infinie* $\sum\left(b_n-\frac{1}{4}\right)^2$ *converge*, ce qui démontre le premier point de notre théorème.

4. Posons

$$(6) \qquad \begin{cases} x\psi_n(x)=\sqrt{\dfrac{B_n}{A_{n+1}}}\varphi_{n+1}(x)+\sqrt{\dfrac{A_n}{B_n}}\varphi_n(x), \\ c'_n=b_{2n}+b_{2n+1}, \qquad \lim\limits_{n=\infty}(S'_n-S_n)=\lim\limits_{n=\infty}b_{2n+1}=\dfrac{1}{4}; \end{cases}$$

$$(7) \qquad \sum_2^{n+1}\left(\lambda_i-\frac{1}{16}\right)=\sum_2^{n+1}\left(b_{2i-2}-\frac{1}{4}\right)\left(b_{2i-1}-\frac{1}{4}\right)+\frac{1}{4}\left(S_n-\frac{n}{2}\right)+\frac{b_{2n+1}}{4}.$$

La série $\sum\left(b_{2n-2}-\frac{1}{4}\right)\left(b_{2n-1}-\frac{1}{4}\right)$ converge absolument, soit b sa somme,

$$(8) \qquad \sum_2^{n+1}\left(\lambda_i-\frac{1}{16}\right)=b+\frac{1}{16}+\frac{1}{4}\left(S_n-\frac{n}{2}\right)+\varepsilon_n, \qquad \lim_{n=\infty}\varepsilon_n=0.$$

Posons $1 - x = x^\star$, $p(1 - x^\star) = p^\star(x^\star)$ [avec $\varphi_n^\star(x^\star)$, $A_n^\star$, $S_n^\star$, ...]. On s'assure que

(9) $$A_n^\star = A_n, \qquad \lambda_n^\star = \lambda_n, \qquad c_n^\star = 1 - c_n, \qquad S_x^\star = n - S_n.$$

L'addition de (9) et de la même égalité écrite pour $p^\star(x^\star)$ donne

$$\sum_2^\infty \left(\lambda_n - \frac{1}{16}\right) = \frac{b + b^\star}{2} + \frac{1}{16},$$

$$\lim_{n=\infty} \left(S_n - \frac{n}{2}\right) = \sum_1^\infty \left(c_n - \frac{1}{2}\right) = 2(b^\star - b).$$

On établit alors sans difficulté la convergence des séries et du produit $\prod_1^n 16\lambda_n$.

5. Sous les conditions complémentaires

$$p(x) = x^{\alpha-1}(1-x)^{\beta-1}q(x), \qquad \alpha > 0, \qquad \beta > 0, \qquad q(x) \equiv q(1-x),$$
$$a_n = 4_n\, 2^{\alpha+\beta-2}\, A'(1+\varepsilon_n)$$
$$S_n = \frac{n}{2} + \frac{\alpha-\beta}{4} + \varepsilon'_n \qquad \varepsilon_n, \quad \varepsilon'_n \to 0 \quad \text{pour} \quad n = \infty.$$

$A' > 0$ ne dépend que de la fonction $q(x)$.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur l'équivalence des méthodes de sommation de Cesàro et de Hölder pour les limites multiples.* Note [1] de M. **Ch. N. Moore**, transmise par M. Hadamard.

L'équivalence des méthodes de sommation de Cesàro et de Hölder pour les séries simples a été établie de plusieurs façons. On est naturellement conduit à supposer qu'il existe une équivalence correspondante entre les méthodes analogues pour la sommation des séries multiples. Cette supposition est exacte, et j'ai obtenu une démonstration assez simple de ce fait. La méthode que j'ai employée est une généralisation de celle utilisée par M. I. Schur dans le cas des séries simples. Elle est basée sur l'établissement d'une identité fondamentale entre les moyennes de Cesàro. Pour éviter de longues formules j'écrirai cette identité pour le cas des séries triples. La formule générale sera évidente d'elle-même.

---

[1] Séance du 21 août 1922.

Posons

$$s_1(m, n, p) = \sum_{1,1,1}^{m,n,p} u_{mnp}, \qquad s_2(m, n, p) = \sum_{1,1,1}^{m,n,p} s_1(m, n, p), \qquad \ldots,$$

$$(C_k s)(m, n, p) = \frac{s_k(m, n, p)}{\binom{m+k-1}{m}\binom{n+k-1}{n}\binom{p+k-1}{p}},$$

$$(Ms)(m, n, p) = \frac{1}{mnp}\sum_{1,1,1}^{m,n,p} s(m, n, p),$$

$$(M_{mn}s)(m, n, p) = \frac{1}{mn}\sum_{1,1}^{m,n} s(m, n, p), \qquad \ldots,$$

$$(M_m s)(m, n, p) = \frac{1}{m}\sum_{1}^{m} s(m, n, p), \qquad \ldots.$$

Notre identité s'écrit alors

$$\Bigg[\Bigg\{\frac{1}{k^3}E + \frac{(k-1)^3}{k^3}M + \frac{(k-1)^2}{k^3}\left(\frac{p+k-1}{p}M_{mn} + \frac{n+k-1}{n}M_{mp} + \frac{m+k-1}{m}M_{np}\right)$$
$$+ \frac{k-1}{k^3}\left(\frac{n+k-1}{n}\,\frac{p+k-1}{p}M_m + \frac{m+k-1}{m}\,\frac{p+k-1}{p}M_n + \frac{m+k-1}{m}\,\frac{n+k-1}{n}M_p\right)\Bigg\}(C_k s)\Bigg](m, n, p)$$
$$= [M(C_{k-1}s)](m, n, p),$$

où le symbole E représente l'opération identique.

Une démonstration semblable sert à établir l'équivalence des méthodes analogues pour la sommation des intégrales multiples. Mais en se servant des principes de la *General Analysis* de M. E. H. Moore, on peut procéder tout de suite à la démonstration d'un théorème général qui comprend les deux théorèmes dont nous avons parlé, aussi bien que d'autres cas particuliers. Dans cette théorie générale, les indices m, n, p se remplacent par des ensembles σ_1, σ_2, σ_3 d'éléments correspondants p_1, p_2, p_3 ; l'opération Σ se remplace par une opération J qui comprend comme cas particuliers la sommation et l'intégration. Ces changements étant faits, l'identité fondamentale s'écrit de la même façon.

GÉOMÉTRIE PROJECTIVE. — *Sur les systèmes polaires.* Note [1] de M. **Nilos Sakellariou**, transmise par M. Appell.

1. En considérant la forme linéaire quaternaire

$$f(x, y) = \Sigma a_{ik} x_i y_k \qquad (i, k = 1, 2, 3, 4),$$

dans le cas où le déterminant de ses coefficients est nul, j'ai donné [2] les espèces des corrélations que représente la forme f dans ce cas, et j'ai trouvé quelques relations qui existent entre les formes conjuguées [3] f et

$$\varphi(u, v) = \Sigma \alpha_{ik} u_i v_k.$$

En me bornant dans le cas où

$$(1) \qquad f(x, y) = \sum_{i,k} a_{ik} x_i y_k = \sum_{1}^{2} \mu_n p_n(x)\, q_n(y) \qquad (i, k = 1, \ldots, 4),$$

j'ai trouvé quelques propriétés qui existent entre les tétraèdres et pentaèdres polaires par rapport à f [4], en considérant les systèmes polaires $P(p_1, p_2 = 0)$ et $Q(q_1, q_2 = 0)$ de deux espaces x et y respectivement de la forme (1).

Dans ce qui suit, je donne quelques propriétés nouvelles des tétraèdres, pentaèdres et hexaèdres polaires par rapport à f.

2. Soit un tétraèdre polaire $b_1 b_2 b_3 b_4$ dans le système polaire Q (dans y) et un plan arbitraire b_5 (dans y). Ce plan avec les b_1, b_2, b_3, b_4 forment un pentaèdre polaire dans Q.

3. Nous désignons comme hexaèdre polaire d'un système polaire le système de six plans $a_1, a_2, a_3, \ldots, a_6$ où à chacun de ses vingt sommets correspond comme élément conjugué son sommet opposé et celui-ci est une figure polaire d'un hexacoryphe. Ainsi les dix couples de ses sommets opposés sont situés sur les dix faces opposées d'un hexacoryphe,

---

[1] Séance du 21 août 1922.

[2] Voir mon travail : *Sur les formes bilinéaires* (*Bull. de la Soc. math. de Grèce*, 1re série, t. 1, 1919, p. 81).

[3] Voir *Journal de Crelle*, Bd 90; Rosanes, *Zur Theorie der reciproken Verwandtschaften*, et *Journal de Crelle*, Bd 88, p. 246.

[4] Voir N. Sakellariou, *Quelques remarques sur les systèmes polaires* (*Giornale di Matematiche di Battaglini*, 1921, vol. 59, 12e de la série 3a).

polaire et l'on a

$$\alpha_{ikl} \sim a_{mnr}$$

($iklmnr$ est une permutation des 1, 2, ..., 6). Si l'hexaèdre $a_1 a_2 \ldots a_6$ est polaire du système polaire Q (dans y) et que nous considérons les plans par Q et ses sommets, nous aurons

$$Q a_{ikl} \sim Q a_{mnr},$$

et réciproquement, étant donné un système polaire Q, de manière que

$$Q a_{ikl} \sim Q a_{mnr},$$

nous disons que les points a_{ikl}, a_{mnr} sont conjugués entre eux.

4. Deux hexaèdres

$$\begin{array}{llll} a_1 & a_2 & \ldots & a_6 \quad (\text{dans } x), \\ b_1 & b_2 & \ldots & b_6 \quad (\text{dans } y) \end{array}$$

forment un système polaire d'hexaèdres par rapport à f, qui détermine la projectivité des faisceaux de plans par P, Q, si aux points a_{ikl} correspondent comme conjugués les b_{mnr}, aux plans Pa_{ikl} les Qb_{mnr}, et si l'on donne cette correspondance entre les plans par P, Q de la projectivité f, nous disons que les points a_{ikl}, b_{mnr} sont conjugués entre eux dans f.

5. Comme l'on sait, si b_1, b_2, b_3, b_4 forment un tétraèdre d'un système polaire Q, deux plans arbitraires b_5, b_6 avec les b_1, ..., b_4 forment un hexaèdre polaire dans Q.

Après cela, nous avons les propositions suivantes :

6. *Si*

$$\left\{ \begin{array}{llll} a_1 & a_2 & a_3 & a_4 \\ b_1 & b_2 & b_3 & b_4 \end{array} \right.$$

est un système de tétraèdres polaires par rapport à f (voir *Giornale di mathematiche, loc. cit.*) *deux plans quelconques a_5, b_5 dans x et y respectivement forment avec les plans donnés a_1, ..., a_4; b_1, b_2, ..., b_4 un système de pentaèdres polaires par rapport à f.*

7. *Si*

$$\left\{ \begin{array}{llll} a_1 & a_2 & \ldots & a_6 \\ b_1 & b_2 & \ldots & b_6 \end{array} \right.$$

est un système polaire d'hexaèdres par rapport à f, et

$$\varphi(u, v) = \Sigma \alpha_{ik} u_i v_k$$

est conjuguée à f, $a_1 \ldots a_6$; $b_1 \ldots b_6$ est un hexaèdre polaire par rapport au système polaire P, Q *respectivement.*

8. *Si*

$$\left\{\begin{matrix} a_1 & a_2 & a_3 & a_4 \\ b_1 & b_2 & b_3 & b_4 \end{matrix}\right.$$

forment un système polaire de tétraèdres par rapport à f, deux couples de plans arbitraires a_5, b_5; a_6, b_6 forment avec celui de a, b, un système d'hexaèdres polaires par rapport à f.

9. *Si*

$$\left\{\begin{matrix} a_1 & a_2 & \ldots & a_5 \\ b_1 & b_2 & \ldots & b_5 \end{matrix}\right.$$

forment un système polaire de pentaèdres par rapport à f, deux plans arbitraires a_6, b_6 forment avec celui de a, b un système polaire d'hexaèdres par rapport à f.

GÉOMÉTRIE. — *Mise en perspective réciproque des figures de même espèce.* Note [1] de M. **Amédée Béjot**, présentée par M. d'Ocagne.

Mettre en perspective réciproque des figures F et F′ composées d'éléments, lignes ou points, de même espèce, se correspondant deux à deux, c'est déplacer l'une d'elles F′ par rapport à l'autre F, supposée immobile, jusqu'à trouver un point, dit *centre perspectif*, tel que toute droite issue de ce centre qui rencontre un des éléments, composant la figure F, rencontre aussi l'élément correspondant de F′.

La mise en perspective réciproque des surfaces, par laquelle ces surfaces sont rendues inscriptibles dans un même cône, n'est pas examinée ici.

Celle des courbes dans un plan est, en général, sans signification et a été négligée, sauf pour deux points spéciaux dont il sera question plus loin.

Multiplicité des modes de perspective réciproque. — Prenons par exemple pour F et F′ deux quadrilatères. Leurs centres perspectifs sont sur un cercle de l'espace et une conique du plan de F, mais ces courbes ne répondent qu'à un mode de correspondance. On peut en trouver 24 différents, le second quadrilatère étant alors tantôt à cheval sur les deux nappes de la pyramide perspective, et tantôt tout entier sur l'une ou l'autre des deux nappes.

(1) Séance du 21 août 1922.

Même réserve est à faire pour tous les lieux géométriques dont il sera question ici.

Multiplicité des centres perspectifs. — Tous les points de l'espace formant une infinité triple peuvent être pris pour centres perspectifs de deux triangles, deux coniques ou deux trièdres, c'est-à-dire pour les formes les plus simples des polygones, courbes, et solides.

Il n'y a plus qu'une infinité double pour deux angles tétraèdres; une infinité simple pour deux quadrilatères plans, pour deux angles pentaèdres et deux tétraèdres; des points isolés pour deux pentagones dans un même plan.

Multiplicité des éléments en perspective. — On peut mettre en perspective réciproque des figures de même espèce en nombre illimité, ou trois à trois, suivant que, lorqu'on les associe deux à deux, leurs centres perspectifs sont en infinité triple ou double.

A partir de l'infinité simple, elles ne peuvent être associées à plus de deux à la fois.

Seul le quadrilatère change de catégorie de l'espace au plan. Si en effet on en associe un successivement avec deux autres, les deux cercles perspectifs de l'espace ne se rencontreront pas, mais les deux coniques du plan se couperont.

Impossibilités de mises en perspective réciproque. — A moins de conditions particulières, une mise en perspective réciproque est impossible pour les figures polygonales à partir de l'hexagone; pour les solides à partir de l'angle hexaèdre et du pentaèdre; pour les courbes planes à partir des cubiques.

Quand on considère en effet l'hexagone comme provenant de couples de pentagones susceptibles de recomposition, on obtient deux systèmes de points isolés sans point commun en général.

De même, des couples d'angles pentaèdres fournissent deux faisceaux de droites de même sommet sans arêtes communes. Quand on les recompose en angles hexaèdres, ceux-ci ne sont pas en perspective réciproque.

Même impossibilité pour deux pentaèdres, parce que les tétraèdres dont ils proviennent, pris deux à deux, ne fournissent que des courbes gauches, sans point commun en général.

Quant aux cubiques, leur mise en perspective réciproque fournit plus d'équations qu'il n'y a de paramètres disponibles.

Perspective homologique et perspective homographique. — On a vu les quadrilatères suivre des lois différentes dans l'espace et le plan. Les résultats diffèrent parce que les modes perspectifs diffèrent. Dans l'espace, deux

quadrilatères ont en perspective, outre leurs sommets, les intersections des diagonales et celles des côtés opposés.

Il n'en est plus de même dans le plan, sauf en deux points spéciaux : ceux précisément où le cercle de l'espace coupe la conique du plan.

On peut rattacher ces modes perspectifs à deux théories connues, en disant du premier qu'il est homologique, du second qu'il est homographique. Le quadrilatère, dans ce dernier cas, n'est plus qu'un système de quatre points.

Ces distinctions subsistent dans les corps solides : ainsi deux angles tétraèdres ont leurs centres perspectifs sur les génératrices d'un cône; puisqu'il y a perspective, les arêtes du second rencontrent celles de même nom du premier, ce qui donne quatre points. Or il existe sur le cône deux génératrices privilégiées, et deux seulement, telles que ces quatre points sont dans un même plan, et la perspective est alors homologique. Pour les autres génératrices, les quatre points forment un quadrilatère gauche, et la perspective se restreint au pourtour tétraédrique. L'angle tétraèdre n'est plus dans ce cas qu'un système de quatre droites.

Courbes planes. — Une distinction analogue se constate dans le théorème suivant :

Deux sections planes d'un cône quelconque ont un cercle pour lieu géométrique de leurs centres perspectifs communs.

Ce cercle coupe le plan fixe aux deux points auxquels il a été fait allusion au début de cet exposé. Or, à partir du pentagone, on peut réaliser dans un plan des groupes ponctuels en perspective, mais pour lesquels ces deux points de perspective homologique n'existent pas; on ne peut en faire des sections planes d'un même cône ou d'une même pyramide, et le théorème ne leur est pas applicable.

Projection circulaire des coniques. — Nous finirons par un théorème qui, dérivé du précédent, généralise un énoncé de Poncelet et s'applique aux problèmes sur la projection circulaire de deux coniques : cercles tangents, ou ayant une relation entre leurs rayons, ou dont la distance des centres est connue, etc. Voici ce théorème :

On peut disposer dans un plan deux axes parallèles et un nombre quelconque de coniques de façon que, si elles tournent autour d'un des axes pendant qu'un certain point tourne du même angle autour de l'autre, le point les projette chacune sur un cercle fixe dans le plan de départ.

Les deux axes peuvent se mouvoir parallèlement à eux-mêmes pourvu que leur espacement reste constant. Le cercle perspectif dont le centre est mobile avec eux passe alors par un point fixe.

GÉOLOGIE. — *Le Quaternaire marin sur les côtes méditerranéennes d'Espagne.* Note [1] de MM. M. GIGNOUX et P. FALLOT, transmise par M. Charles Depéret.

Nous avons montré, dans une Note précédente [2], que le Pliocène actuellement connu sur les côtes méditerranéennes d'Espagne est réduit à ses termes inférieurs, et que son niveau marin supérieur, le Calabrien, en est absent.

La *lacune* qui existe de ce fait *entre le Pliocène et le Quaternaire* est encore accrue par l'absence concomitante du Quaternaire ancien à faune froide ou *Sicilien.* En effet, abstraction faite du gisement sicilien sous-marin connu au large du Cap Creus [3], tous les dépôts quaternaires datés par une faune suffisamment caractéristique se rapportent, dans la région comprise entre la frontière française et Almeria, aux *couches à Strombes,* à faune chaude (étage Tyrrhénien). Ces formations sont représentées par des gisements correspondant à d'anciens rivages situés à 30^{m} ou 35^{m} d'altitude au maximum.

Répartition géographique. — Le premier lambeau de Quaternaire connu au sud du Cap Creus est celui de *San Juan de Vilasar*, dont la riche faune décrite par Almera comporte deux espèces sénégaliennes, *Strombus bubonius* et *Conus testudinarius;* l'ancien rivage y devait être à 30^{m} ou 35^{m} environ.

Aucun autre gisement ne nous est connu, de ce point à Denia et au *Cabo San Antonio*, par lequel se termine la chaîne subbétique en face d'Ibiza. Au pied sud de ce promontoire, terminé par une vaste plate-forme d'abrasion d'âge peut-être pliocène ou quaternaire ancien, mais qu'aucun dépôt fossilifère ne permet de dater, les alentours de *Javea* montrent des grès quaternaires marins où nous n'avons vu que des espèces banales et qui affleurent très près du niveau de la mer : c'est la roche exploitée sous le nom de *tosca*, qui se retrouve sous forme de lambeaux, d'ailleurs signalés dans l'*Explicacion del Mapa geologico de España*, au château de *Denia* et près de la *Punta de Ifach*, au nord de Calpe; nous en faisons l'équivalent de la *panchina* d'Italie et du *marès* des Baléares.

---

(1) Séance du 16 août 1922.

(2) *Comptes rendus*, t. 175, 1922, p. 281.

(3) Cf. GIGNOUX, *Thèse Lyon*, 1913, où sont résumées nos connaissances antérieures sur les questions étudiées ici.

Le long de la côte, entre Calpe et Altea (*Cabo Negret*), une brèche reposant sur des ophites triasiques ou liasiques et leur empruntant ses éléments renferme un beau gisement qui nous a été signalé par le professeur D. Eduardo Bosca, de Valence. Outre le *Strombus bubonius*, on y recueille une autre espèce chaude, *Patella ferruginea*. Le niveau de la mer où vivaient ces mollusques ne devait pas dépasser 15^m.

Un jalon plus méridional est fourni par la plage de l'*Albufereta*, à 3^{km} au nord d'Alicante. M. Jimenez de Cisneros, qui a bien voulu nous y conduire, y avait déjà signalé la présence du genre Strombe. Parmi une cinquantaine d'espèces que nous y avons recueillies, il convient de mentionner les formes chaudes suivantes : *Conus testudinarius*, *Tritonidea viverrata*, *Strombus bubonius*, *Natica lactea*. L'altitude de 15^m, atteinte par les couches fossilifères, permet d'évaluer à une trentaine de mètres celle de la mer correspondante. On retrouve les traces de ce même ancien rivage de 30^m au sud de *Rojales*, à Benijofar, où des marnes blanches lagunaires et des conglomérats reposent en discordance sur les formations néogènes étudiées dans notre précédente Note; mais ici la faune, où dominent des coquilles plutôt saumâtres, ne contient naturellement pas d'espèces caractéristiques.

A l'extrémité du petit promontoire situé au Nord de celui qui ferme à l'Est la rade d'*Aguilas*, nous avons découvert au niveau de la mer un nouveau gisement, à *Strombus bubonius*, *Patella ferruginea*, *Tritonidea viverrata*. C'est encore la même faune qui se retrouve au niveau de la mer, *entre Aguilas et Vera*, à Los Terreros et Los Cocedores; Schrodt avait attribué à tort ces couches à Strombes au Pliocène supérieur.

Enfin, au sud de la Sierra Almagrera, à *Villaricos*, l'entrée de la baie de *Vera* montre deux plates-formes littorales entaillées dans les schistes cristallins et revêtues de graviers marins fossilifères, dont la position témoigne de deux anciens rivages situés respectivement à 15^m et à 30^m-35^m. Le niveau inférieur, le plus riche en fossiles, nous a fourni entre autres : *Strombus bubonius*, *Conus* cf. *testudinarius*, *Tritonidea viverrata*, *Natica lactea*, *Patella ferruginea*, toutes espèces caractéristiques de la faune chaude. Enfin on connaît encore, grâce à M. L. Siret, qui a découvert tous ces gisements des abords de Vera, un niveau à Strombes et grandes Patelles au bord de la mer près de *Garrucha*.

Conclusions. — 1° Nous ne savons absolument rien de ce qui s'est passé sur les côtes d'Espagne pendant la période des *faunes froides* correspondant au Pliocène supérieur et au Quaternaire ancien. Il est permis toutefois, en coordonnant ces observations avec celles qui font l'objet de notre précédente Note, de supposer que la région correspondant à la Chaîne subbétique entre Alicante et Valence et à son avant-pays immédiat, Ibiza et Majorque comprises, devait être *émergée* et rattachée à la péninsule. La faune de *Vertébrés*, découverte par Miss Batte à Majorque, et dont l'un de nous ([1]) a retrouvé un gisement dans les tufs recouverts de « marès » d'une

---

([1]) Cf. P. Fallot, *Sierra de Majorque*. Béranger, Paris, 1922.

grotte située à 7^m ou 8^m d'altitude près d'Alcudia (Majorque), a dû précisément occuper la grande Baléare à la faveur de ces liaisons. Qu'on lui prête, avec Miss Batte, un âge pliocène ou qu'on la reporte dans le Quaternaire ancien, cette faune correspond aussi bien à l'absence du Sicilien marin dans ces régions.

2° La *faune chaude* est par contre très nettement caractérisée par plusieurs des espèces qui accompagnent ordinairement le Strombe et dont l'association à ce dernier montre, une fois de plus, l'*individualité* et l'unité de la faune ainsi constituée.

3° Cette faune à Strombes (Tyrrhénien) correspond, comme dans toute la Méditerranée (hormis le cas exceptionnel du détroit de Messine) à d'anciens rivages compris *entre* 0^m *et* 30^m-35^m. Contrairement à ce qui se passe pour le Pliocène, les traces de ces anciens rivages se retrouvent aussi bien dans le domaine subbétique que dans celui de la Chaîne bétique.

4° *L'abondance des Strombes* dans ces gisements, par ailleurs assez pauvres en comparaison de ceux de l'Italie du Sud et de Monastir, et la *persistance* de cette forme, plus marquée dans le sud de l'Espagne que dans les autres régions, semblent pouvoir être attribuées à la proximité du détroit de Gibraltar, par où arrivaient sans doute les espèces sénégaliennes.

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Rôle de la respiration dans la diminution des hydrates de carbone des feuilles pendant le jaunissement automnal.* Note de M. **Raoul Combes** et de Mlle **Denise Kohler**.

On sait que l'hypothèse de Sachs, relative à la chute automnale des feuilles, admettait qu'à la fin de la végétation les feuilles, avant de quitter les rameaux, évacuent vers les organes vivaces toutes les substances utiles qu'elles contiennent. Au moment où elles tombent, les feuilles des arbres de nos régions seraient ainsi réduites à un squelette formé de substances inutilisables pour l'organisme végétal.

Wehmer est un des premiers physiologistes qui aient mis en évidence les points faibles de cette manière de voir. Après avoir montré que les auteurs qui se sont occupés de ces questions ont conclu à des disparitions de substances en présence de résultats qui mettaient seulement en évidence des diminutions de la proportion centésimale de certains corps, il fit observer que, même dans le cas où il serait constaté que des substances déterminées quittent les feuilles au cours du jaunissement, il resterait à

démontrer que ces substances émigrent vers les organes vivaces. Wehmer fait remarquer à ce propos qu'il est possible qu'une partie des constituants des feuilles soit simplement entraînée par les précipitations atmosphériques au moment où les tissus des organes jaunissants sont en train de mourir. Cette opinion a trouvé une confirmation dans les travaux de Tucker et Tollens, qui ont montré qu'une partie des matières minérales des feuilles est entraînée par les eaux de pluie et de rosée pendant le jaunissement, et dans ceux de Michel-Durand, qui ont mis en évidence des faits analogues pour les hydrates de carbone.

En ce qui concerne ce dernier groupe de substances il y a encore lieu de prendre en considération la disparition d'une certaine quantité de ces corps par le phénomène respiratoire. Les feuilles jaunissantes continuent en effet à respirer jusqu'à la mort de leurs tissus et sont incapables de réparer leurs pertes en aliments respiratoires par le phénomène chlorophyllien, le pigment vert étant alors en voie de disparition. Michel-Durand [1] a montré la part que prennent les agents atmosphériques dans la diminution automnale des hydrates de carbone au moment du jaunissement des feuilles. Les résultats que nous allons exposer tendent à montrer le rôle que joue la respiration dans cette diminution.

Les expériences ont porté sur des feuilles de *Fagus silvatica* et d'*Æsculus Hippocastanum* récoltées au début du jaunissement, ainsi que sur celles d'*Ampelopsis hederacea* en voie de rougissement. Les feuilles étaient placées sous des cloches, la base de leur pétiole plongeant dans l'eau; elles continuaient ainsi à jaunir ou à rougir après avoir été détachées de l'arbre, avec plus de lenteur cependant que lorsqu'elles demeuraient normalement sur les branches. Les appareils étaient disposés en plein air près des plantes sur lesquelles les récoltes avaient été faites.

Au moyen d'un aspirateur, on a fait passer dans ces cloches un courant d'air privé d'anhydride carbonique par passage dans une solution de potasse et au contact de fragments de potasse. Le courant était continu et passait à la vitesse de 48^l par 24 heures. En sortant de la cloche, l'air traversait une série de tubes où il barbotait dans une solution de baryte; il y déposait le gaz carbonique provenant de la respiration des feuilles. Ces tubes étaient remplacés chaque jour à la même heure; le dosage par l'acide oxalique de la baryte demeurée libre dans la solution qu'ils contenaient permettait de

---

(1) E. Michel-Durand, *Revue générale de Botanique*, 1919.

déterminer la part de baryte carbonatée et, par conséquent, la quantité d'anhydride carbonique dégagé par les feuilles en 24 heures.

Dans le Tableau ci-dessous, qui résume les résultats obtenus, nous avons indiqué, d'une part, les quantités d'anhydride carbonique dégagées par les feuilles pendant des périodes successives de 24 heures; d'autre part, les quantités d'hydrates de carbone (en $C^6H^{12}O^6$) ayant dû disparaître pour produire le gaz carbonique dégagé; ces dernières ont été calculées en supposant que les hydrates de carbone sont les seuls aliments respiratoires utilisés dans les conditions des expériences. Les recherches de Deleano relatives à l'étude de feuilles détachées, maintenues à l'obscurité pour supprimer le phénomène chlorophyllien, et analysées au bout de temps variés, ont montré que, pendant les premiers jours, ce sont surtout des hydrates de carbone qui sont consommés; elles donnent donc une certaine vraisemblance à la supposition précédente.

Les résultats sont exprimés en milligrammes et rapportés à 1^g de substance sèche de feuilles.

	Temps des expériences (en heures).						
	0 à 24.	24 à 48.	48 à 72.	72 à 96.	96 à 120.	120 à 144.	Totaux.
Fagus silvatica.							
CO^2 dégagé	3,4	4,6	5,2	6,4	13,8	7,6	41,0
Hydrates de carbone correspondants.	2,3	3,1	3,5	4,3	9,4	5,2	27,8
Æsculus Hippocastanum.							
CO^2 dégagé	5,2	6,7	7,2	5,1	4,2	4,7	33,1
Hydrates de carbone correspondants.	3,5	4,5	4,9	3,5	2,8	3,2	22,4
Ampelopsis hederacea.							
CO^2 dégagé	6,1	8,5	14,7	12,8	8,8	7,1	58,0
Hydrates de carbone correspondants.	4,1	5,8	10,0	8,7	6,0	4,8	39,4

On peut conclure de ces résultats qu'en automne, au cours du jaunissement ou du rougissement des feuilles caduques des plantes ligneuses de nos régions, les tissus foliaires perdent par le phénomène respiratoire des quantités notables de carbone sous forme d'anhydride carbonique. Cette perte s'accroît à mesure que disparaît le pigment vert, passe par un maximum correspondant à la cessation complète de l'assimilation chlorophyllienne, puis diminue peu à peu à mesure que meurent successivement les divers tissus des feuilles. Si l'on admet, avec Deleano, que pendant les

premiers jours où une feuille est privée du phénomène chlorophyllien ce sont les hydrates de carbone qui sont consommés dans le phénomène respiratoire, on en déduit que ces organes perdent ainsi pendant les six premiers jours des quantités notables de composés hydrocarbonés, variant chez les espèces étudiées entre 22^{mg} et 39^{mg} par gramme de substance sèche.

Du fait que certains corps quittent les feuilles caduques pendant la période du jaunissement ou du rougissement qui précède la chute, on ne peut donc pas déduire que la totalité de ces corps émigre des feuilles pour aller se mettre en réserve dans les organes vivaces. En ce qui concerne les hydrates de carbone, les causes suivantes semblent intervenir pour déterminer les modifications constatées :

1° Consommation d'hydrates de carbone dans le phénomène respiratoire;

2° Entraînement par les précipitations atmosphériques;

3° Migration des feuilles vers les tiges.

MORPHOLOGIE. — *Le sphincter de l'iris chez les Sélaciens.* Note (¹) de M. **L. Carrère**, transmise par M. Henneguy.

Au cours des recherches poursuivies depuis quelque temps sur les muscles de l'iris des Sélaciens, j'ai été frappé des variations qui existent dans la répartition des éléments musculaires, concentriques aux bords de la pupille, qui constituent le sphincter irien.

Laissant de côté les Poissons à pupille régulière, ronde ou ovale, je ne m'occuperai dans cette Note que de quelques types possédant un opercule pupillaire, en particulier de diverses Raies (*Raja mosaïca*, *R. punctata*, *R. miraletus*), du Trygone (*T. pastinaca*) et du *Scyllium* (*S. catulus*, *S. canicula*).

Contrairement à ce que l'on voit chez les animaux à pupille régulièrement arrondie ou ovale, où l'anneau sphinctérien est en général complet et continu (²), chez les Sélaciens à pupille asymétrique, le sphincter a cons-

---

(¹) Séance du 21 août 1922.

(²) Cette loi n'est pas absolument générale, puisque, d'après Herzoz, chez les Amphibiens, le sphincter est morcelé en fragments (interrompu). M. Grynfeltt a rectifié cette formule en montrant qu'elle n'est vraie que pour certains Urodèles (Triton), tandis que chez les Anoures (Grenouille, Crapaud), le muscle est parfaitement continu et circulaire.

tamment la forme d'un anneau brisé. On peut, à ce point de vue, distinguer trois types :

1° Chez *Trygon pastinaca*, le sphincter forme un bourrelet situé au voisinage du bord pupillaire. Considéré dans son ensemble, ce muscle se présente comme un croissant à concavité dirigée en haut ; continu tout le long du bord inférieur et des bords latéraux de la fente pupillaire, le croissant musculaire s'amincit pour venir se terminer par ses deux pointes sur le bord de l'opercule pupillaire. Il est à remarquer que c'est au niveau des deux extrémités du diamètre horizontal de la pupille, du côté nasal comme du côté temporal, que le muscle est le plus développé ; il forme, là, un bourrelet épais, qui apparaît comme une exubérance du feuillet antérieur de la cupule optique, réalisant le type « épithélial stratifié » de Grynfeltt. Le sphincter est totalement absent au niveau de l'opercule pupillaire sur la face dorsale, et faiblement représenté sur la face ventrale qui lui est opposée.

2° Chez le *Scyllium*, dont les deux lèvres sont pourvues chacune d'un opercule, l'anneau sphinctérien est interrompu sur les deux lèvres à ce niveau. De sorte que le muscle est divisé en deux tronçons, en forme d'U, qui embrassent, chacun par leur concavité, les commissures nasale et temporale de la fente pupillaire. Les branches de ces U se prolongent sur les bords ventral et dorsal, mais inégalement, de sorte que la branche inférieure, plus longue que la supérieure, s'avance plus loin que cette dernière vers la région médiane de la pupille.

3° Chez la Raie, la réduction de sphincter est encore plus considérable. Il ne persiste plus que deux tronçons qui se regardent par leur concavité occupant chacun une extrémité du diamètre horizontal de la fente pupillaire (sphincter en parenthèse). On sait que chez ces Poissons il existe un opercule très développé, dont le bord inférieur, découpé en lanières, donne à l'ensemble, selon l'expression de Cuvier, l'aspect d'une « palmette ». Ainsi que nous l'avons observé pour le *Trygon*, les extrémités supérieures des anses sphinctériennes viennent se terminer sur les bords de l'opercule.

De la description de ces types, il paraît se dégager cette formule générale que le sphincter est très inégalement développé dans les divers secteurs de l'iris. Plus ou moins épais, selon les régions considérées, il fait constamment défaut au niveau de l'opercule pupillaire. Ce muscle présente, d'ailleurs, des particularités intéressantes dans la structure de ses éléments, particularités qui tiennent à la pigmentation du sarcoplasme, à la répartition des myofibrilles. Je n'insisterai pas plus longuement, dans cette Note, sur ces divers points, qui feront prochainement l'objet d'un Mémoire.

En résumé, les Sélaciens, et, en particulier, les espèces possédant un opercule pupillaire, représentent un type intéressant au point de vue de la disposition des éléments du sphincter. Le muscle est, d'une façon générale, plus développé aux extrémités nasale et temporale de la pupille; il est moins important dans les secteurs ventral et dorsal, au niveau desquels il peut même disparaître (sphincter en croissant, sphincter en parenthèse). Ces dispositions anatomiques expliquent les variations physiologiques des mouvements pupillaires dans les divers secteurs de l'iris.

EMBRYOGÉNIE. — *La polarité mécanique du germe des Sélaciens* (Scylliorhinus canicula *L. Gill*) *au temps de la gastrulation.* Note [1] de M. **Paul Wintrebert**, transmise par M. Henneguy.

On sait depuis longtemps que l'orientation du germe des Sélaciens est réalisée quand la cavité de segmentation est localisée excentriquement sous une partie du blastoderme; de celle-ci naît l'embryon. Le problème que j'ai tenté de résoudre est de savoir la cause pour laquelle cette localisation s'effectue en un point plutôt qu'en un autre du disque germinal. Quelques embryologistes (Brachet) considèrent que le développement de la cavité se fait dans la région où précédemment la segmentation a marché le plus vite et a formé en conséquence une zone de petits blastomères. Mes résultats ne sont pas en faveur de cette conception. Ils montrent que la place de la cavité germinale n'est pas déterminée avant son apparition et qu'elle dépend d'une cause purement mécanique.

L'œuf de *Scylliorhinus canicula* L. Gill présente ce grand avantage de pouvoir être étudié sur le vivant. Il suffit, en effet, d'exfolier sa pellicule superficielle pour le rendre transparent (His, 1897). L'observation, sous le binoculaire, des différentes phases de la gastrulation permet, ainsi que je l'ai relaté [2], de constater la séparation du disque embryonnaire et du vitellus par l'apparition d'un fossé qui conduit directement dans la cavité germinale, et le recouvrement ultérieur du fossé par la quille embryonnaire. Grâce à la présence de ce fossé nettement visible, on sait exactement

(1) Séance du 21 août 1922.

(2) *Comptes rendus*, t. 165, 1917, p. 411. — *Congrès des Anatomistes*, 16e Réunion, Paris, 1921, p. 87-94, 4 figures.



où naît la cavité germinale, on apprécie de l'extérieur l'extension relative et les variations de forme du fossé qui constitue sa partie découverte postérieure, dépourvue de toit blastodermique.

I. *Observation.* — L'examen d'un grand nombre de germes montre que tous ne « baillent » pas de la même façon. Sans doute, chez la plupart, l'hiatus, d'abord à l'état de fissure semi-circulaire, s'élargit comme une gueule qui s'ouvre, pour diminuer ensuite par l'empiètement progressif de la languette embryonnaire, mais il présente d'un germe à l'autre, pour chaque phase de la gastrulation, un aspect très variable. On a d'abord tendance à rapporter ces variations (ouverture béante, fente étroite, plaque trouée) à des différences de constitution du germe lui-même; cependant, si l'on prête attention aux conditions dans lesquelles les germes évoluent, et spécialement aux rapports qui existent entre la forme de l'hiatus et la position du germe sur la boule vitelline, on note les faits suivants:

1° Des œufs extraits le même jour des oviductes de femelles capturées, disposés aussitôt sur l'une de leurs faces au fond d'un cristallisoir rempli d'eau de mer, ne présentent pas, au début de la phase gastrula ([1]), la même position du germe sur le gâteau vitellin. Presque tous sont visibles au-dessus du vitellus, mais les uns sont au bas de la face dorsale arrondie et presque verticaux, les autres plus ou moins rapprochés du centre et sur un plan presque horizontal. Une première remarque est faite : *tous les germes baillent vers le point culminant de la boule vitelline.*

2° Une seconde remarque s'impose : *le fossé germinal est d'autant plus large que la position du germe est plus rapprochée de la verticale.*

Ainsi s'établit la conception que la place de la cavité germinale dans le germe est déterminée par la pesanteur spécifique de son contenu; c'est parce que sa densité est inférieure à celle des éléments qui l'entourent qu'elle vient affleurer à la surface du blastoderme, au plus haut du disque germinal.

II. *L'expérimentation* confirme les données de l'observation :

1° A la fin de la morula, sur les germes placés horizontalement au-dessus du vitellus dont la cavité germinale en formation n'est pas encore localisée (voir Rückert, 1899), *on détermine à volonté la fixation de celle-ci en un point donné du disque, en élevant ce point au maximum.* Le sillon circulaire de circonvallation qui entourait le blastoderme est remplacé presque aussitôt par un fossé profond, localisé au sommet du disque, et qui s'élargit rapidement.

2° *La cavité germinale une fois établie et développée d'un côté du blastoderme*

([1]) *Loc. cit.*

se trouve définitivement fixée dans sa position. On ne peut, en effet, par des manœuvres de retournement et de renversement de la coque, qui mettent le fossé germinal au bas du blastoderme, arriver à le faire changer de place par rapport aux autres parties du germe. On rétrécit sa largeur, on provoque son effacement transitoire; on aboutit même à déterminer l'apparition d'un hiatus nouveau au pôle opposé du disque; mais on ne parvient pas à le maintenir à cette place, ni à provoquer en cet endroit le développement de la quille embryonnaire.

C'est le germe entier qui, dans ces conditions, se déplace à la surface du vitellus. Il émigre tout d'une pièce vers le haut de la boule vitelline. Deux phénomènes se passent au cours de cette migration : *a. un phénomène de rotation,* par lequel le germe tourne sur lui-même de 180°, autour d'un axe vertical passant par le centre du blastodisque : la cavité germinale, mise au plus bas, remonte au plus haut; *b. un phénomène de transport vertical* du germe, à la surface de la boucle vitelline, depuis sa partie déclive jusqu'à sa partie élevée, dû à ce que l'ensemble des parties germinales est de moindre densité que le vitellus. Le germe n'atteint pas le point culminant du gâteau vitellin, mais s'arrête au bord de son plateau supérieur. La vitesse du transport, variable suivant les phases de la gastrulation, est à sa période moyenne de 2^{mm} à 3^{mm} par minute. Le blastoderme, entraîné par le blastocœle, s'étire verticalement. L'œuf ne meurt pas pour avoir voyagé, mais seulement à la suite de migrations longues et répétées.

Conclusion. — La polarisation du germe de *Scylliorhinus canicula* L. Gill est déterminée par le fait que le contenu de la cavité germinale, moins dense que les autres parties, se place toujours au point le plus élevé. La quille embryonnaire n'est la partie postérieure du blastoderme que parce qu'elle est le pôle supérieur du germe.

Aucune région du disque n'est prédestinée à former l'embryon. A la fin de la morula, on fixe à volonté, rien qu'en la relevant, la région où se formeront la cavité germinale et la quille embryonnaire.

La cavité germinale, une fois établie dans une région périphérique du blastoderme, ne peut être déplacée d'une manière permanente dans une autre région. A ce moment, un germe inversé par le retournement de la coque se déplace *in toto* à la surface des vitellus et monte en tournant vers le haut sa cavité germinale.

La vie d'un germe n'est pas compromise, ni son évolution modifiée, par une migration périvitelline passagère.

La séance est levée à 15 heures trois quarts.

A. Lx.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

Ouvrages reçus dans les séances de juillet 1922 (*suite et fin*).

Cours de Physique mathématique de la Faculté des Sciences, par J. Boussinesq. Compléments au Tome III : *Conciliation du véritable déterminisme mécanique avec l'existence de la vie et de la liberté morale.* Paris, Gauthier-Villars, 1922; 1 vol. 25^{cm}.

Les poissons migrateurs, leur vie et leur pêche, par Louis Roule. Paris, Ernest Flammarion, s. d.; 1 vol. 19^{cm}. (Présenté par M. Guignard.)

Géométrie et Cristallographie. Tous les polyèdres symétriques, non superposables ou superposables à leur image, centrés ou non centrés, peuvent être déduits d'un petit nombre de formes embryonnaires très simples, en n'employant que la droite comme élément de symétrie, par G. Cesàro. Bruxelles, M. Hayez, 1922; 1 vol. 31^{cm}.

De Zeeën van Nederlandsch Oost-Indië, uitgegeven door het koninklijk nederlandsch aardrijkshundig genootschap. Leiden, E.-J. Brill, 1922; 1 vol. 29^{cm}.

Étude dynamique des voitures automobiles, par Albert Petot. Tome III : *Embrayages, changements de vitesse, freins.* Paris, Gauthier-Villars, 1921; 1 vol. 29^{cm}. (Présenté par M. Appell.)

Reflexoes sôbre a teoria dos conjuntos, por Pedro José da Cunha. Extracto do *Journal de sciencias matematicas, fisicas e naturais.* Lisboa, imprensa nacional, 1922; 1 fasc. 25^{cm}.

Ouvrages reçus dans les séances d'aout 1922.

Fédération française des Sociétés de sciences naturelles. Office central de faunistique. *Faune de France.* 3 : *Orthoptères et Dermaptères*, par L. Chopard. Paris, Paul Lechevalier, 1922; 1 vol. 25^{cm}. (Présenté par M. Bouvier.)

Les zoocécidies des plantes d'Afrique, d'Asie et d'Océanie, par C. Houard. Tome I : *Cryptogames, gymnospermes, monocotylédones, dicotylédones* (Ire Partie). Paris, Jules Hermann, 1922; 1 vol. 25^{cm}. (Présenté par M. L. Bouvier.)

Théorie analytique des turbines centripètes et centrifuges à réaction, par M. de Sparre. Louvain, Ceuterick, et Paris, Gauthier-Villars, 1921 et 1922, 2 fasc. 25^{cm}.

Une organisation régionale de la lutte contre le cancer, par J. Bergonié. Extrait du *Journal de médecine de Bordeaux*, du 25 juillet 1922. Bordeaux, Gounouilhou, 1922; 1 fasc. 24^{cm}.

Les bâtards du Soleil (amours et pensées africaines), par G. Guary-César-Lainé. Paris, La Nouvelle Egalité, 1922; 2 vol. 18^{cm},5.

O conquistado dor Mar, poema epico de Ayres de Sá. Lisboa, Libanio da Silva, 1921; 1 fasc. 18^{cm},5.

Sur la relativité en Algèbre, par Emmanuel-C. Grigoras. Bucarest, C. Jonesco, 1922; 1 fasc. 21^{cm}.

Sur l'identification, par Emmanuel-C. Grigoras. Bucarest, C. Jonesco, 1922; 1 fasc. 21^{cm}.

Observatoire Jarry-Desloges. *Observations des surfaces planétaires : Mars, — Saturne, — La Lune, — Vénus, — Mercure, — Jupiter*. Fasc. V, années 1915 et 1916. Abbeville, F. Paillart, 1922; 1 vol. 25^{cm}. (Présenté par M. Bigourdan.)

Smithsonian Institution. United States national Museum. Bulletin 82 : *A monograph of the existing crinoids*, by Austin Hobart Clark. Volume I : *The comatulids*, Part 2. Washington, Government printing office, 1921; 1 vol. 31^{cm}.

Instruction pour l'épreuve rapide des lunettes et télescopes au moyen de la mire universelle, par G. Bigourdan. Paris, Gauthier-Villars, s. d.; 1 fasc. 24^{cm}.

Sultanic agricultural Society: Technical section. Bulletin n° 1 : *A survey of the more important economic insects and mites of Egypt*, by F.-C. Willcocks. Cairo, French Institute of oriental archaeology, 1922; 1 vol. 28^{cm}.

La géologie du pétrole et la recherche des gisements pétrolifères en Algérie, par Marius Dalloni. Alger, Carbonel, 1922; 1 vol. 25^{cm}.

ERRATA.

(Séance du 29 mai 1922.)

Note de M. *Louis-G. Stokvis*, Sur les diagrammes circulaires des systèmes triphasés déséquilibrés et la définition de leur degré de déséquilibrage :

Page 1418, ligne 20, *au lieu de*

$$jJ_{s1}\sqrt{3} = -J_3 - J_1\left[+\frac{1}{2} + j\frac{\sqrt{3}}{2}\right],$$

lire

$$jI_{s1}\sqrt{3} = -I_3 - I_1\left[\ \frac{1}{2} - j\frac{\sqrt{3}}{2}\right].$$

Même page, dernière ligne, *au lieu de* $+j$, *lire* $-j$.

Page 1419, lignes 8 et 9, *au lieu de*

$$-J_3 - J_1\left[-\frac{1}{2} + j\sqrt{3}\right]$$

$$+J_3 + J_1\left[+\frac{1}{2} + j\sqrt{3}\right],$$

lire

$$-J_3 - J_1\left[+\frac{1}{2} - j\frac{\sqrt{3}}{2}\right]$$

$$+J_3 + J_1\left[+\frac{1}{2} + j\frac{\sqrt{3}}{2}\right].$$

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 4 SEPTEMBRE 1922.

PRÉSIDENCE DE M. L. GUIGNARD.

CORRESPONDANCE.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur un théorème de M. Rémoundos.* Note (¹) de M. **Théodore Varopoulos**, transmise par M. Appell.

1. Une fonction $u(z)$ ayant un nombre ν de branches satisfait à une équation de la forme

$$f(u, z) = u^\nu + A_1(z)u^{\nu-1} + \ldots + A_{\nu-1}(z)u + A_\nu(z) = 0,$$

où $A_i(z)$ sont des fonctions entières ou méromorphes de z. On doit (²) à M. Rémoundos le théorème suivant :

Une transcendante algébroïde quelconque à ν branches prend dans le domaine de l'infini toutes les valeurs sauf, peut-être, 2ν au plus.

Dans le *Bulletin de l'Université d'Athènes*, M. Rémoundos, en mentionnant son théorème ci-dessus, s'exprime ainsi :

« Il est très probable que, dans le cas où les fonctions $A_i(z)$ sont entières, le nombre 2ν peut être remplacé par $\nu + 1$, l'infini compris. »

On suppose bien entendu qu'il n'y a aucune relation de la forme

$$\sum_1^\nu c_i A_i(z) = c, \tag{1}$$

c, c_i étant constantes.

2. Dans ce qui suit nous démontrerons que l'assertion de M. Rémoundos est vraie.

En effet, le nombre de valeurs de u pour lesquelles $f(z, u)$ est une con-

---

(¹) Séance du 21 août 1922.

(²) *Sur les zéros d'une classe de fonctions transcendantes*, p. 13.

stante ou un polynome ne dépasse pas $\nu - 1$. Soient $u_1, u_2, \ldots, u_{\nu-1}$ ces valeurs. Je démontre que le nombre de toutes les autres valeurs exceptionnelles n'est pas 2.

Soient u_ν, $u_{\nu+1}$ telles valeurs.

Nous avons ainsi les relations

$$(2)\quad f(z, u_i) = \varphi_i(z) \qquad (i = 1, 2, 3, \ldots, \nu - 1) \qquad [\varphi_i(z) \text{ sont des polynomes}],$$
$$(3)\quad f(z, u_j) = \varphi_j(z)\, e^{Q_j(z)} \qquad (j = \nu, \nu + 1),$$

et en éliminant $A_i(z)$ $(i = 1, 2, 3, \ldots, \nu)$ entre $\nu + 1$ équations nous aurons la relation

$$\sum_1^{\nu-1} \lambda_i \varphi_i(z) + \lambda_\nu \varphi_\nu(z)\, e^{Q_\nu(z)} + \lambda_{\nu+1} \varphi_{\nu+1}(z)\, e^{Q_{\nu+1}(z)} = \alpha \qquad (\alpha \neq 0);$$

mais une telle relation (proposition fondamentale de M. Borel) est impossible.

Pour le démontrer *il faut vérifier que* $Q_\nu(z) - Q_{\nu+1}(z)$ *n'est pas constante.*

En effet, le rapport $\mu(z) = \dfrac{f(z, u_\nu)}{f(z, u_{\nu+1})} \neq$ const., autrement il y aurait une relation entre les coefficients $A_i(z)$ de la forme (1).

Si alors $Q_\nu(z) - Q_{\nu+1}(z) = c$ (const.) les équations (3) nous donnent

$$(4)\qquad (u_\nu^\nu - \mu u_{\nu+1}^\nu) + A_1(z)(u_\nu^{\nu-1} - \mu u_{\nu+1}^{\nu-1}) + \ldots + A_\nu(1 - \mu) = 0.$$

Nous remarquons que les coefficients ne sont pas constants.

Or la résolution des équations (2) et (4) par rapport à

$$A_i(z) \qquad (i = 1, 2, \ldots, \nu)$$

serait possible en vertu de la relation $\mu(z) \neq$ const. et ces fonctions seraient des fonctions méromorphes, ce qui est contradictoire à notre proposition.

Notre proposition est donc établie.

CALCUL DES PROBABILITÉS. — *Sur le théorème de M. Tchebycheff.* Note de M. Alf. Guldberg.

Dans un Mémoire [1] remarquable, Tchebycheff a démontré, par une méthode élémentaire, un théorème d'une très grande portée concernant

---

[1] *Journ. de Math. pures et app.*, 2e série, t. 12, 1867, p. 177.

l'espérance mathématique et les valeurs moyennes. Du théorème de Tchebycheff on peut déduire comme cas particuliers les théorèmes de Poisson et de Bernoulli.

Dans les lignes qui suivent, je me permets de faire une remarque sur le théorème de Tchebycheff.

Soit x une quantité pouvant prendre les valeurs distinctes x_1 avec la probabilité p_1, x_2 avec la probabilité p_2, ..., x_k avec la probabilité p_k, en sorte que $p_1 + p_2 + \ldots + p_k = 1$. La valeur moyenne m de la quantité x est définie par l'expression

$$m = p_1 x_1 + p_2 x_2 + \ldots + p_k x_k.$$

La valeur moyenne de la $n^{\text{ième}}$ puissance de la valeur absolue de l'écart $x - m|$ est définie par l'expression

$$\mu_n^n = \Sigma \,| x_i - m |^n p_i.$$

Soit $a > \mu_n$ [1]. De l'égalité

$$\mu_n^n = \Sigma \,| x_i - m |^n p_i$$

on tire, en posant

$$| x_i - m | = h_i,$$

et en divisant par a^n,

$$p_1 \frac{h_1^n}{a^n} + p_2 \frac{h_2^n}{a^n} + \ldots + p_k \frac{h_k^n}{a^n} = \frac{\mu_n^n}{a^n}.$$

Désignons par h', h'', ... les écarts par rapport à la valeur moyenne supérieurs à a en valeur absolue et négligeons les autres; soient p', p'', .., les valeurs des probabilités correspondant aux écarts conservés. On aura

$$p' \frac{h'^n}{a^n} + p'' \frac{h''^n}{a^n} + \ldots < \frac{\mu_n^n}{a^n}$$

et, *a fortiori*, puisque $\frac{h'}{a}, \frac{h''}{a}, \cdots$ sont > 1,

$$p' + p'' + \ldots < \frac{\mu_n^n}{a_1^n}. \qquad (1)$$

Si P désigne la probabilité pour que la valeur numérique de l'écart d'une observation soit inférieure ou égale à a, le premier membre de (1) est évi-

---

(1) Le même procédé est utilisé par M. Pizzetti par sa démonstration du théorème de Tchebycheff. (Voir Broggi, *Théorie des assurances sur la vie*, p. 26.)

demment égal à $1 - P$. On a par suite

$$1 - P < \frac{\mu_n^n}{a^n},$$

$$P > 1 - \frac{\mu_n^n}{a^n},$$

ou encore

$$P > 1 - \frac{1}{t^n},$$

si l'on pose

$$a = t\mu_n, \qquad t > 1.$$

La probabilité P *pour que la différence* $|x - m|$ *ne surpasse pas le multiple* $t\mu_n (t > 1)$ *est supérieure à* $1 - \frac{1}{t^n}$.

Pour $n = 2$ on a le théorème de Tchebycheff.

Appliquons le théorème au cas d'une série d'épreuves de deux événements contraires. La probabilité du prem'er événement soit p, et celle du second $q = 1 - p$. Nous faisons s épreuves. La probabilité approximative d'un *écart* λ compris entre z et $z + dz$ est ([1])

$$\frac{h}{\sqrt{\pi}} e^{-h^2 z^2} dz, \qquad h = \frac{1}{\sqrt{2spq}}.$$

La valeur moyenne μ_n^n est définie par l'expression

$$\mu_n^n = \frac{2h}{\sqrt{\pi}} \int_0^\infty z^n e^{-h^2 z^2} dz = \frac{\Gamma\left(\frac{n+1}{2}\right)}{h^n \sqrt{\pi}}.$$

Posons par exemple $t = 2$, $n = 4$, le théorème donne une probabilité

$$P > 1 - \frac{1}{2^4} = 0,94$$

pour un écart $\lambda \leqq 2\sqrt{3}\sqrt{spq} = 2,6\sqrt{spq}$.

Le théorème de Tchebycheff donne une probabilité

$$P > 1 - \frac{1}{2,6^2} = 0,87$$

pour le même écart $\lambda \leqq 2,6\sqrt{spq}$.

Le théorème de Bernoulli donne une probabilité

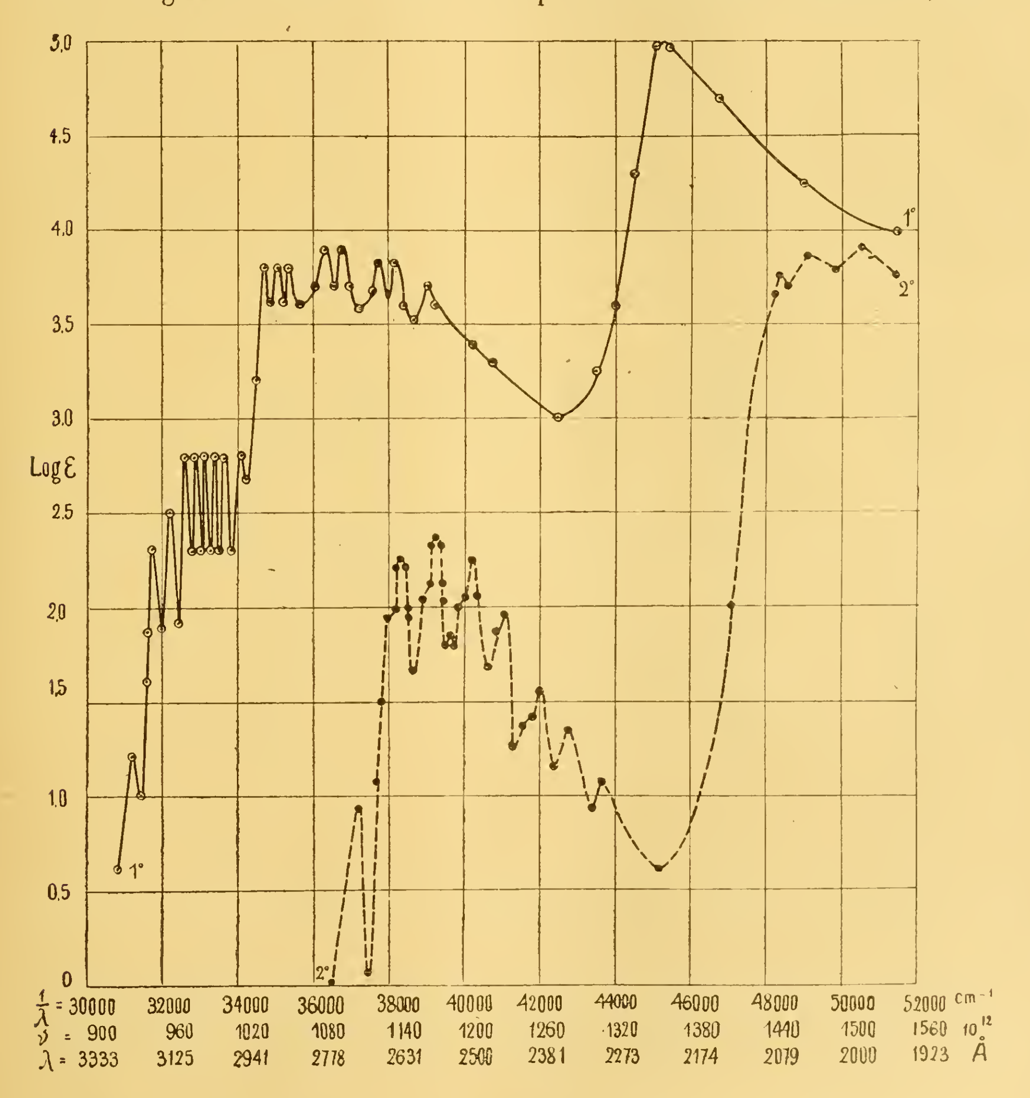
$$P = 0,99$$

pour le même écart.

([1]) J. Bertrand, *Calcul des Probabilités*, p. 78.

SPECTROSCOPIE. — *Absorption des rayons ultraviolets par le naphtalène.* Note de MM. **Victor Henri** et **Pierre Steiner**, présentée par M. L. Maquenne.

L'étude du spectre d'absorption du naphtalène présente des difficultés à cause du grand nombre de bandes qui se fusionnent facilement; ceci



explique les divergences entre les résultats obtenus par différents auteurs. Ainsi Hartley (1885) trouve quatre bandes, Baly et Tuck (1908) et Purvis

(1912) observèrent seulement trois bandes, Dickson cinq bandes, et enfin Baly et Guthrie (1915) trouvèrent dix bandes entre 3218 et 2670 Å.

Nous avons mesuré quantitativement l'absorption des solutions dans l'hexane, l'éther, l'alcool et l'eau; nous avons trouvé dix-sept bandes entre 3207 et 2563 et une bande dans l'ultraviolet extrême pour $\lambda = 2209$.

La figure ci-dessus contient la courbe d'absorption de la solution hexanique de naphtalène et, pour la comparaison, celle du benzène qui a été décrite récemment par l'un de nous (V. Henri, *Journal de Physique*, juin 1922). En abscisses sont portées les fréquences et en ordonnées les logarithmes du coefficient d'absorption moléculaire ε (défini par $\mathfrak{J} = \mathfrak{J}_0 . 10^{-\varepsilon c d}$).

Nous donnons dans le Tableau suivant les positions des bandes, leurs intensités, leurs fréquences et les intervalles entre certaines bandes.

Bandes.	λ.	ε.	$\frac{1}{\lambda}$ cm^{-1}.	$\Delta\frac{1}{\lambda}$.		
A	3207	16	31 182			
B	3148	200	31 766			
C	3110	270	32 154			
D	3067	640	32 605	1423		
E	3040	640	32 895			
F	3010	640	33 223		1457	
G	2994	640	33 400			
H	2975	640	33 613			1459
K	2930	640	34 130	1525		
L	2881	4 800	34 710		1487	
M	2852	4 800	35 063			1450
N	2835	4 800	35 273			
O	2755	6 400	36 297		1587	
P	2724	6 400	36 711			1438
Q	2650	4 800	37 736		1439	
R	2620	4 800	38 168			1457
S	2563	4 000	39 017			
Minimum	2356	940	42 445			
T	2209	96 000	45 269			

Résultats. — 1° La courbe d'absorption du naphtalène est décalée vers le rouge environ de 500 Å par rapport à celle du benzène; l'absorption est plus de dix fois plus forte et le nombre de bandes est plus grand que dans le cas du benzène.

2° Les fréquences des bandes du naphtalène présentent une double périodicité : d'une part, elles peuvent être groupées en séries avec un inter-

valle constant égal en moyenne à $\Delta \frac{1}{\lambda} = 1450 (\text{cm}^{-1})$; d'autre part, on trouve entre différentes bandes un intervalle égal environ à $\Delta \frac{1}{\lambda} = 450$; ainsi $\Delta(C - D) = 451$; $\Delta(F - K) = 2 \times 453$; $\Delta(K - M) = 2 \times 466$; $\Delta(O - P) = 414$; $\Delta(Q - R) = 432$; $\Delta(R - S) = 2 \times 424$.

Ces deux intervalles 1450 et 450 correspondent aux intervalles fondamentaux $a = 921,4$ et $b = 159$ qui caractérisent le spectre d'absorption de la vapeur de benzène. Ces intervalles correspondent aux fréquences de vibration des atomes dans les molécules.

3° L'influence du solvant sur le spectre du naphtalène est la même que dans le cas du benzène : dans l'hexane et l'éther, les bandes sont presque identiques; elles sont un peu décalées vers l'ultraviolet dans l'alcool et nettement décalées dans le même sens dans l'eau, où la solubilité est environ égale à $0^{g},2$ pour 1000^{cm^3}; dans ce dernier solvant, les bandes sont floues et plusieurs sont fusionnées ensemble.

SPECTROSCOPIE. — *Recherches sur les spectres de bande du cadmium.* Note de MM. **Erik Hulthén** et **Ernst Bengtsson**, transmise par M. Brillouin.

En faisant des recherches sur les bandes du mercure et du zinc (¹) nous avons étudié les bandes du cadmium qui sont analogues à celles-ci et qui sont émises pendant les décharges non condensées dans des tubes Geissler.

Le tube de décharge, en verre de quartz transparent, était composé de deux petits réservoirs unis par un tube capillaire. Comme électrodes nous avons employé des bâtons d'invar, emboîtés dans les réservoirs au moyen d'une garniture de mercure. Par la chaleur d'une flamme Bunsen le cadmium a passé, sous la pression de sa propre vapeur, d'un réservoir à l'autre. On s'est servi de la lumière émise dans la direction du tuyau. Le potentiel et le courant effectifs dépendaient intimement de la température du tube et variaient, pour cette raison, considérablement, pendant les expositions, qui ont duré jusqu'à six heures. En moyenne ils se sont tenus à 1500 volts et 50 milliampères.

De même que pour le mercure les bandes du cadmium se sont montrées très sensibles à la présence de capacités dans le circuit de décharge. Ainsi,

(¹) E. Hulthén, *Comptes rendus*, t. 173, 1921, p. 524.

pendant une série d'expositions, nous avons constaté la disparition, par degrés, des bandes à mesure de l'augmentation de la capacité.

Les expositions essentielles ont été faites avec un spectrographe Rowland (rayon : $6^m,45$ et 10000 traits par inch). Deux systèmes de bandes ont été mesurés, à $\lambda\,4500$ et à $\lambda\,4300$, et leur structure a été étudiée. Les erreurs de mesure sont de l'ordre de 0,01 u. A.

Les résultats sont représentés dans les Tableaux I et II, où les raies des bandes sont exprimées en nombre d'ondes par centimètre dans l'air. De l'arrangement des séries, exposé dans les Tableaux, s'ensuivent immédiatement les relations :

$$(1)\qquad \lambda\,4500 \left\{ \begin{array}{l} R_1(m) - R_3(m) = P_3(m) \qquad - P_1(m) \qquad + \delta, \\ R_2(m) - R_3(m) = P_3(m+1) - P_2(m+1); \end{array} \right.$$

δ : un terme de correction petit, à peu près constant ;

$$(2)\qquad \lambda\,4300 \left\{ \begin{array}{l} R_1(m) \qquad - R_3(m) \qquad = P_3(m+1) - P_1(m+1), \\ R_2(m+1) - R_3(m+1) = P_3(m) \qquad - P_2(m). \end{array} \right.$$

Toutes les bandes qui appartiennent aux éléments zinc, cadmium et mercure, peuvent s'emboîter dans les relations (1) et (2). De même, toutes les séries qui appartiennent à ces bandes peuvent être représentées par les polynomes suivants :

$$\begin{array}{l} P_i(m) = \Pi_{0i} - \Pi_{1i}m + \Pi_{2i}m^2 + \Pi_{3i}m_3 \\ R_i(m) = \rho_{0i} + \rho_{1i}m + \rho_{2i}m^2 + \rho_{3i}m^3 \end{array} \qquad (i = 1, 2, 3).$$

Le Tableau III représente les constantes des séries dans les bandes du cadmium, calculées pour des raies possédant de petites valeurs de m.

Tableau I. — Cd = 4510.

m.	P_1.	P_2.	P_3.	$P_3 - P_1$.	$P_3 - P_2$.	$R_2 - R_3$.	$R_1 - R_3$.	R_3.	R_2.	R_1.
1....	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»
2....	22251,5	»	22271,7	20,2	»	1,4	19,4	22298,2	22299,6	22317,6
3....	238,1	»	268,4	30,3	»	1,9	29,6	308,1	310,0	337,7
4....	226,0	22263,9	266,1	40,1	2,2	2,7	39,6	319,2	321,9	358,8
5....	215,2	262,6	265,3	50,1	2,7	3,3	49,6	331,5	334,8	381,1
6....	205,8	262,6	265,7	59,9	3,1	3,9	59,5	345,1	349,0	404,6
7....	197,7	263,9	267,6	69,9	3,7	4,6	69,4	359,9	364,5	429,3
8....	191,0	265,8	270,7	79,7	4,9	4,9	79,2	376,2	381,1	455,4
9....	185,6	270,1	275,2	89,6	5,1	5,6	89,0	393,6	399,2	482,6
10....	181,6	275,2	280,8	99,2	5,6	6,2	98,9	412,3	418,5	511,2
11....	179,0	281,8	288,0	109,0	6,2	6,6	108,4	432,4	439,0	540,8

Tableau I. — Cd = 4510. (*Suite.*)

m.	P_1.	P_2.	P_3.	$P_3 - P_1$.	$P_3 - P_2$.	$R_2 - R_3$.	$R_1 - R_3$.	R_3.	R_2.	R_1.
12....	178,0	289,7	296,4	118,4	6,7	7,3	118,1	453,6	460,9	571,7
13....	178,0	299,1	306,4	128,4	7,3	7,8	127,7	476,2	484,0	603,9
14....	180,0	310,0	317,6	137,6	7,6	8,1	137,2	500,1	508,2	637,3
15....	183,3	312,9	330,1	146,8	8,2	8,8	146,8	525,2	534,0	672,0
16....	188,1	335,5	344,3	156,2	8,8	9,2	156,1	551,7	560,9	707,8
17....	194,4	350,6	359,9	165,5	9,3	9,6	165,4	579,5	589,1	744,9
18 ...	202,0	367,1	376,7	174,7	9,6	10,2	174,4	608,7	618,9	783,1
19....	211,6	385,0	395,2	183,6	10,2	»	»	»	»	»
20....	222,7	404,6	415,2	192,5	10,6	»	»	»	»	»
21....	235,5	425,9	436,7	201,2	10,8	»	»	»	»	»
22....	249,9	448,3	459,7	209,8	11,4	»	»	»	»	»

Tableau II.

m.	P_1.	P_2.	P_3.	$P_3 - P_1$.	$P_3 - P_2$.	$R_2 - R_3$.	$R_1 - R_3$.	R_3.	R_2.	R_1.
1 ...	»	»	»	»	»	»	»	»	»	23301,3
2....	23251,4	23269,0	23270,2	18,8	1,2	0,6	29,5	23290,7	23291,3	320,2
3....	238,6	266,7	268,6	30,0	1,9	1,3	42,1	299,0	300,3	341,1
4....	226,4	265,9	268,6	42,2	2,7	2,1	54,2	308,8	310,9	363,0
5....	216,0	266,7	270,2	54,2	3,5	2,8	66,3	320,2	323,0	386,5
6....	207,0	269,0	272,9	66,0	3,9	3,3	78,2	333,1	336,4	411,3
7....	199,3	272,9	277,2	77,9	4,3	4,1	90,1	347,3	351,4	437,4
8....	193,1	278,1	283,4	90,3	5,3	4,4	102,0	363,0	367,4	465,0
9....	188,7	285,0	290,7	102,0	5,7	5,1	113,7	380,0	385,1	493,7
10....	185,7	293,0	299,0	113,3	6,0	5,6	125,4	398,5	404,1	523,9
11....	184,1	302,6	309,5	125,4	6,9	6,1	137,0	418,5	424,6	555,5
12....	184,1	313,8	321,1	137,0	7,3	6,8	148,5	439,8	446,6	588,3
13....	185,7	326,4	334,1	148,4	7,7	7,3	160,0	462,5	469,8	622,5
14....	188,7	340,7	348,8	160,1	8,1	8,0	171,3	486,6	494,6	657,9
15....	193,8	356,2	365,0	171,8	8,8	8,2	182,6	512,2	520,4	694,8
16....	200,2	373,4	382,7	182,5	9,3	8,8	193,8	539,1	547,9	732,9
17....	208,3	392,3	401,9	193,6	9,6	9,3	204,7	567,5	576,8	772,2
18....	218,1	412,7	422,7	204,6	10,0	9,7	215,9	597,3	607,0	813,2
19....	229,5	434,8	445,2	215,7	10,4	10,2	226,5	628,6	638,8	855,1
20....	242,6	458,1	469,1	226,5	11,0	10,8	237,3	661,3	672,1	898,6
21....	257,5	483,3	494,6	237,1	11,3	»	»	»	»	»
22....	274,2	510,4	521,9	247,7	11,5	»	»	»	»	»

TABLEAU III.

	i.	π_3.	π_2.	π_1.	π_0.	ρ_0.	ρ_1.	ρ_2.	ρ_3.
$\lambda = 4500$	1.	0,0028	0,622	16,57	22282,1	22281,4	16,98	0,588	0,0012
	2.	05	650	6,72	82,6	81,6	8,05	499	64
	3.	93	462	5,59	81,1	82,3	6,72	620	08
$\lambda = 4300$	1.	50	634	16,48	23281,9	23283,5	17,00	732	—28
	2.	31	676	5,48	77,0	77,1	5,65	704	09
	3.	—08	744	5,18	77,5	78,4	4,59	765	—22

MINÉRALOGIE. — *Sur la classification des amphiboles bleues et de certaines hornblendes.* Note [1] de M. G. **Murgoci**.

I. En tenant compte des caractères (facies, mode de gisement, composition chimique et propriétés optiques, etc.), exposés dans une Note précédente, je distingue les espèces suivantes parmi les amphiboles bleues :

1. *Imerinite* (A. Lacroix). — On ne connaît que la variété alumino-ferrique. Certaines *richterites*, l'*hexagonite* et la *széchenyite*, aluminc-sodiques, roses, bleues ou violettes, sont sous le microscope incolores. Elles sont vertes ou jaune brunâtre, quand elles contiennent de l'oxyde ferreux.

2. *Torendrikite* (A. Lacroix). — Une variété ferrico-alumineuse d'une espèce intermédiaire entre la glaucophane, l'imerinite et la richtérite. La *bababudanite* est une variété plus alumino-ferrique intermédiaire entre la torendrikite et la hornblende de Miask (Johnsen).

3. *Glaucophanes.* — On connaît les variétés depuis les alumineuses jusqu'aux ferriques presque pures; *glaucophane* — gl. uniaxe négative; *crossite*, avec plan des axes optiques transversal à g^1, optiquement, négative; *abriachanite*, positive; *rhodusite* (Murgoci), très dispersive, négative, plan des axes optiques, dans g^1. La *holmquistite*, lithinifère, s'y rattache.

4. *Gastaldites* (Strüver). — On connaît seulement des variétés alumineuses et un peu ferriques dans les schistes cristallins. La hornblende manganésifère, exempte de chaux, de la syénite de Miask en est distincte.

5. *La barroisite*, glaucophane passant à la hornblende, improprement nommée *carinthine* par Weinschenk. On connaît des variétés par description, mais peu par analyse. La barroisite est une amphibole verte foncée avec c = vert bleuâtre ou bleu verdâtre; b = vert parfois bleuâtre (var.

---

(1) Séance du 21 août 1922.

calcique) et même violacé (var. magnésienne); a = gris ou jaune de différentes nuances; n_g : c de 12° à 15°; 2V variable, mais très petit. On connaît des variétés uniaxes et une presque isotrope (Milch : schistes du Taunus), d'autres avec le plan des axes optiques transversal [dans schistes à glaucophane de Riffel Alp (Zermatt)]; n_m : c dépasse 20°.

6. L'*arfvedsonite* connue seulement par les variétés alumineuses et ferrico-alumineuses; celle d'Umptek est, d'après les descriptions, une variété intéressante, probablement avec le plan des axes optiques transversal.

7. La *riebeckite* (Orcel) d'habitude très ferrique et peu alumineuse; on doit y rattacher les amphiboles de Zinder, de Christiania et celle, alumineuse, de Sardaigne qu'on a pris pour arfvedsonite; *l'osannite*, avec le plan des axes optiques dans g^1 est presque exempte d'alumine.

8. La *lanéite* (G. Murgoci) sorte de barkevicite avec des variétés uniaxes et même le plan des axes optiques transversal. M. A. Lacroix a décrit dernièrement une lanéite alumino-ferrique dont le rapport $Fe^2O^3 : Al^2O^3$ explique les variations des propriétés optiques jusqu'à devenir uniaxe et même avec plan des axes optiques transversal. M. Cadère a analysé une amphibole bleuâtre du granite de Jacobdeal un peu plus magnésienne que la lanéite.

9. La *hudsonite* (Wiedman), ferrico-alumineuse, à molécules de syntagmatite; la *hastingsite* et la hornblende de Beverley plus ferrique, à grande extinction, sont uniaxes et parfois avec le plan des axes transversal.

10. La *speziatite* (Colomba), variété ferrique, avec plan des axes optiques transversal, intermédiaire entre les barkevicites et les hornblendes vertes; la hornblende de Jan Mayen en est la variété alumino-ferrique.

II. D'après ce que nous avons établi dans les amphiboles bleues, pour voir plus clair dans les barkevicites et les hornblendes, il faut distinguer les séries dans lesquelles le rapport $m\text{MgO} : l\text{FeO}$ = const., puis dans ces séries on doit séparer les espèces d'après la teneur en sesquioxydes $(Al^2O^3 + Fe^2O^3)$ en tenant compte du type probable de la formule chimique; enfin les variétés se distinguent par le rapport $p\text{Fe}^2\text{O}^3 : q\text{Al}^2\text{O}^3$, avec lequel sont probablement en relation les propriétés optiques.

1. L'*anophorite* (Heidenreich) est une amphibole titanifère, très riche en alcalis, pauvre en chaux avec $m\text{MgO} : l\text{FeO} = 2$ et $7(\text{Al}, \text{Fe})^2\text{O}^3$ où $p\text{Fe}^2\text{O}^3 : q\text{Al}^2\text{O}^3 \geqq 2 : 1$, ce qui fait que le plan des axes optiques est perpendiculaire à $g^1(010)$. Le polychroïsme ressemble à celui de la *katophorite* (Brögger) dont on ne connaît pas la composition chimique; je suppose qu'elles ne diffèrent que par le rapport $p\text{Fe}^2\text{O}^3 : q\text{Al}^2\text{O}^3$. La hornblende de Sao Miguel, dont la composition se rapproche le plus de

celle supposée par Brögger pour la katophorite, diffère cependant de celle de l'anophorite (elle n'a pas de TiO^2, abonde en FeO et MnO et a très peu de MgO); ses propriétés optiques ne sont ni celles de l'anophorite ni celles de la katophorite, dont elle doit être séparée.

2. Parmi les *barkevicites* il faut ranger :

a. Des amphiboles à métasilicates un peu titanifères, riches en sesquioxydes et alcalis, assez pauvres en CaO, un peu manganésifères, avec plus de 30^{mol} de FeO. Ce sont les barkevicites typiques de Brevig, auxquelles on peut rattacher la hornblende de Sao Miguel, etc.;

b. Des amphiboles à molécules de syntagmatite, plus riches en sesquioxydes et chaux, moins en FeO, Groenland (Montana, etc.). On doit les nommer autrement à cause aussi de leurs propriétés physiques.

3. La *bergamaskite* est très riche en sesquioxydes, mais pauvre en magnésie et alcalis.

4. La *noralite* est dépouvue d'alcalis, très riche en FeO, et assez riche en sesquioxydes. Il s'y rattache la hornblende de Ténériffe, de Kikertars, de Tamachevaia-Balka, etc. Ces hornblendes s'intercalent près des hudsonites, entre les arfvedsonites et les hornblendes, ce qui est conforme à leurs propriétés optiques et leur gisement.

5. Une espèce importante d'amphiboles magnésio-calciques est *la weinschenkite*, hornblende brun noir, riche en sesquioxydes et eau, mais dépourvue de FeO (analysée et étudiée par Weinschenk); on doit en faire un type nouveau à cause de ses propriétés et de son gisement.

6. Parmi les hornblendes basaltiques avec $m\,MgO : l\,FeO = 6:1$ et $m\,MgO : k\,CaO = 3:2$, très riches en sesquioxydes, se range la *linosite* différant seulement par $m:l = 5$. *La kärsutite* a une forte teneur en TiO^2, plus d'oxyde ferreux, moins de sesquioxydes que la hornblende basaltique.

7. *La carinthine* (de Saualp, S. Kreutz) a le rapport $m\,MgO : l\,FeO \leqq 5:1$ mais $m:k = 2$; on peut y rattacher la *kokcharovite*, la hornblende de Snarum, etc.

8. On pourrait nommer *sorétite* (Duparc) toutes les hornblendes avec $m\,MgO : l\,FeO \geqq 2:1$ et $m = k$; parfois e bleuâtre.

9. Une série se caractérise par $m = l$ et $m:k = 3:2$; on peut y classer aussi *la philipstadite*, la hornblende du Vésuve, etc. *La gamsigradite* est très riche en manganèse, etc. La philipstadite, certaines hornblendes vertes des roches sodiques et l'ouralite, etc. montrent parfois dans quelques zones ou spécimens un dychroïsme à nuance vert bleuâtre; les autres hornblendes vertes, brunes ou noires ont le dychroïsme en jaune vert ou brun vert.

10. Il y a pourtant quelques *hornblendes* à $l \leqq k$ et $p+q \geqq 10$ qui ont parfois suivant c une nuance bleuâtre, elles passent à la speziatite.

11. Quelques amphiboles vertes ou brunes, très riches en sesquioxydes, se placent en dehors du groupe des hornblendes les plus pauvres en magnésie comme p. ex. celles du gneiss de Rimpy, d'Airolo, de Schapbachtal, etc. : on pourrait les nommer *rimpylites*.

BIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Sur la formation d'anthocyanine sous l'influence de la lumière dans les écailles des bulbes de certains Lis*. Note de M. **Marcel Mirande**, présentée par M. Guignard.

Les écailles des bulbes de certains Lis, comme le Lis blanc et le Lis Martagon, présentent une intéressante propriété qui ne semble pas avoir bien attiré, jusqu'à présent, l'attention des botanistes : ces écailles, détachées du bulbe, et placées, simplement à sec, à la lumière, ne tardent pas à devenir très rouges sur leurs deux faces, par suite de la formation d'anthocyanine dans leurs assises sous-épidermiques. Quelques heures suffisent souvent pour produire une pigmentation très intense. Ces écailles, ainsi pigmentées, peuvent vivre, à sec, pendant des semaines et même des mois. Dépourvues de chlorophylle, privées de pigment rouge lorsqu'on les détache d'un bulbe extrait du sol, ces écailles qui, placées à sec sur un récipient quelconque, n'absorbent plus aucun élément nutritif, qui emportent en elles-mêmes leur *raison chimique* de fabriquer de l'anthocyanine au gré de l'expérimentateur, qui enfin peuvent vivre ainsi pendant un temps très long, constituent de très remarquables matériaux pour l'étude de l'anthocyanine à ses divers points de vue.

La couleur jaunâtre et même jaune des écailles de certains Lis, comme le Lis Martagon, et qui teinte parfois les écailles externes du bulbe du Lis blanc, n'est pas due, comme l'on pourrait le croire tout d'abord, à la présence d'un pigment dans les assises superficielles; elle est donnée par la cuticule épidermique et par une matière jaune, d'aspect cireux, répandue sur cette cuticule sous la forme d'un fin granulé ou de fines stries. Cette coloration jaune cuticulaire est rapidement détruite par la lumière directe du soleil et même par une lumière diffuse d'intensité suffisante; la plupart du temps, les écailles soumises au rougissement à la lumière, ont déjà perdu leur couleur jaune et sont devenues bien blanches avant qu'apparaisse le pigment anthocyanique.

Le fait de détacher les écailles d'un bulbe constitue une mutilation qui a peut-être une influence sur le rougissement; en tout cas, l'on constate que des bulbes entiers, non mutilés, produisent aussi, avec la même intensité, de l'anthocyacine à la lumière, dans toutes les parties des écailles que l'imbrication ne protège pas contre la radiation.

Des fragments transversaux ou longitudinaux d'écailles rougissent également. Si l'on partage une écaille en deux parties égales parallèlement à la surface, les deux forces ventrale et dorsale, ainsi isolées, rougissent à la lumière. De simples lambeaux superficiels détachés des écailles, même sur toute leur surface, mais ne comprenant, avec l'épiderme, que quelques assises sous-épidermiques, ne rougissent pas, malgré les précautions que l'on peut prendre pour les conserver longtemps en empêchant leur dessiccation rapide.

Sans insister ici sur les réactions microchimiques de cette anthocyanine, je dirai simplement que le pigment est précipité en vert par l'acétate neutre de plomb, qu'il vire au bleu violet par le chlorure de fer, au bleu indigo ou au bleu noir par l'acide osmique liquide ou en vapeurs. Le sulfite de sodium décolore peu à peu la cellule anthocyanique dont la couleur rouge vif renaît sous l'influence de l'acide sulfurique.

Les écailles rouges, traitées par l'alcool, donnent un liquide incolore on jaunâtre qui, traité par l'acétate de plomb, donne un précipité verdâtre, lequel, bien lavé et repris par l'eau acidulée à l'acide chlorhydrique, s'y dissout et donne un beau liquide rouge. L'anthocyanine des écailles de Lis est donc de la nature d'un certain nombre d'autres anthocyanines qui sont dissoutes mais décolorées par l'alcool.

Dans les écailles qui n'ont pas encore produit de pigment rouge, les réactifs ci-dessus et autres ne donnent, dans l'assise sous-épidermique où sera localisée plus tard l'anthocyanine, aucune réaction accusant la présence de quelque matière phénolique avant-coureur de l'anthocyanine.

Traitées par les colorants vitaux (bleu de méthylène, bleu de crésyl, etc.) à une concentration suffisante, les cellules restées non pigmentées de l'assise sous-épidermique sont plasmolysées et tuées en quelques minutes; les cellules pigmentées, au contraire, restent pendant plus de vingt-quatre heures turgescentes et vivantes, montrant leurs courants protoplasmiques, d'abord sans se laisser pénétrer par le colorant avant plusieurs heures, ensuite après la pénétration de ce dernier. Les cellules pigmentées sont donc douées d'un fort pouvoir osmotique.

Les écailles des bulbes, détachées et abandonnées à elles-mêmes à l'air et à la lumière, évoluent vers une fin bien déterminée qui est de produire, sur leur surface cicatricielle, aux dépens de leur propre substance et en assez peu de temps, des bulbilles munis de racines. Tant qu'ils ne sont pas détachés de l'écaille qui les porte, ces bulbilles peuvent conserver leur fraîcheur et leur vie pendant plusieurs mois; détachés et mis en terre ils donnent naissance à des plantes nouvelles. Mais pour pouvoir produire des bulbilles il est nécessaire que l'écaille ne se dessèche pas et puisse vivre longtemps : ce but est atteint par la formation d'anthocyanine dans les assises sous-épidermiques, qui, grâce à son fort pouvoir osmotique, est une efficace protection contre la fanaison. En abandonnant à la lumière des écailles détachées, il s'en trouve qui, pour quelque raison, ne produisent pas d'anthocyanine; de telles écailles se dessèchent et se flétrissent avec rapidité.

HYGIÈNE. — *Sur la destruction des moustiques par les anguilles et le repeuplement des cours d'eau, étangs, etc.* Note [1] de M. **Raphaël Dubois**, transmise par M. Henneguy.

L'emploi du pétrole rend de grands services pour la destruction des larves de moustiques, mais, dans beaucoup de cas, ce procédé est inapplicable, particulièrement s'il s'agit d'eau destinée à l'alimentation de l'homme ou des animaux, à l'arrosage des jardins ou bien de masses liquides assez considérables comme celles des étangs, marécages, bassins, ruisseaux, égouts des grandes villes, etc.

Pour les bassins et grands ou petits réservoirs, on a bien préconisé déjà l'empoissonnement par les Cyprins dorés ou poissons rouges et autres Cyprinidés. Ces poissons dévorent, en effet, les larves de moustiques, mais ils présentent le grand inconvénient d'exiger des eaux bien aérées et relativement pures. En outre, à l'état adulte, ils sont d'un prix relativement élevé; enfin, leur transport et leur multiplication sont difficiles.

Il en est tout autrement de l'anguille n'ayant pas atteint la taille « marchande ». J'ai eu l'occasion de constater la présence de jeunes anguilles dans la vase infecte d'un bassin recevant de l'eau de mer mélangée à des eaux d'égout.

Pour me rendre compte de la résistance de ces poissons, j'ai placé deux sujets, l'un mesurant $0^{m},15$ et l'autre $0^{m},06$ de longueur, dans un bocal contenant 15^{l} d'eau douce non renouvelée pendant les mois de mars et avril, au laboratoire de Tamaris-sur-Mer. Non seulement ces anguilles ont bien supporté le passage brusque de l'eau salée dans l'eau douce, mais elles ont vécu dans cette eau non renouvelée pendant plusieurs jours sans paraître incommodées. J'ai alors infecté cette eau de manière à lui donner les caractères d'une eau d'égout très polluée. Les anguilles ont survécu, alors même que le milieu aqueux ne contenait plus assez d'oxygène pour suffire à la respiration branchiale. Elles venaient à la surface chercher de l'eau plus aérée et, au besoin, sortaient l'extrémité du museau pour happer un peu d'air pur. Dans les bassins où je faisais mes expériences, je les ai vues aussi sortir le museau hors de l'eau pour attraper des insectes, des moustiques adultes, entre autres. On sait d'ailleurs que les anguilles peuvent

[1] Séance du 28 août 1922.

cheminer sur terre pendant de longs trajets et l'on a prétendu que, chemin faisant, elles mangent des insectes, des vers, etc.

Pendant l'hiver, elles restent engourdies et ne mangent pas, mais, au début du printemps, elles sont extrêmement voraces, et je n'ai constaté la présence d'aucune larve de moustique dans mes bassins d'expérience, où elles étaient nombreuses avant l'introduction des anguilles. Elles doivent détruire également d'autres organismes végétaux ou animaux, peut-être même des œufs de vers intestinaux si abondants dans certains puits. Ce qu'il y a de certain, c'est que les paysans du littoral de Provence s'en servent souvent pour assainir les puits.

Les anguilles peuvent se passer pendant longtemps de nourriture, et Baudrillard dit les avoir vu vivre des mois et même des années entières renfermées dans la vase des étangs desséchés ou dans des trous de rivières dont on a détourné le cours. Leur appétit devient considérable précisément au moment où les larves des moustiques vont passer à l'état d'insectes parfaits et propager la fièvre paludéenne ou bien priver de sommeil bêtes et gens, même au sein des grandes villes, comme cela arrive à Lyon, par exemple.

Les jeunes anguilles sont extrêmement abondantes dans les estuaires, les étangs saumâtres : en mars et avril, les « anguilles » de la montée remontent le cours du Rhône en colonnes serrées.

Pour les raisons indiquées dans cette Note, je pense qu'il y aurait grand avantage à transporter ces jeunes anguilles dans toutes les eaux où vivent les larves de moustiques, même dans les eaux d'égout. Leur résistance exceptionnelle, la modicité de leur prix, la facilité de leur capture en grande masse, leur transport particulièrement facile constituent certainement le moyen le plus efficace pour lutter partout contre le redoutable moustique. Ajoutons qu'on s'est attaché en Allemagne et en Angleterre au repeuplement en anguilles et que beaucoup de jeunes périssent en route au moment de la montée.

Sous le rapport de l'hygiène publique aussi bien que de la consommation, la mesure que nous préconisons peut rendre les plus grands services.

La séance est levée à 16 heures.

A. Lx.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 11 SEPTEMBRE 1922.

PRÉSIDENCE DE M. L. MAQUENNE.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

ENTOMOLOGIE. — *La perte de la faculté du vol chez les Diptères parasites.* Note [1] de MM. L. Cuénot et L. Mercier.

On admet généralement que l'ordre des Diptères se termine par un certain nombre de formes parasites de Vertébrés, souvent singulières, que l'on a groupées pendant longtemps sous le nom de Pupipares. En même temps que leur mode de vie spécial, ces Diptères présentent fréquemment une réduction des muscles du vol et des ailes qui peut aller jusqu'à complète disparition. L'hypothèse explicative que l'on admet généralement est que l'atrophie des ailes est la suite d'un non-usage lié au mode de vie parasitaire; en particulier, Massonnat (1909) [2], dans un Mémoire consacré à l'étude des Pupipares, établit une série que l'on peut considérer comme une orthogénèse, allant de formes capables de voler et susceptibles de se porter avec facilité d'un hôte sur un autre, à des formes possédant des ailes rudimentaires ou nulles, et qui, ne volant plus, sont fixées à leur hôte. Il pense qu'il existe une régression progressive des muscles du vol et que l'atrophie du système musculaire est parallèle à celle des ailes.

A notre avis, pour des raisons que nous allons exposer, l'évolution n'a pas suivi ce schéma lamarckien.

I. *La régression des muscles du vol n'est pas parallèle à celle des ailes.*

Crataerhina pallida Olf. (parasite du Martinet) a des ailes réduites, mais

---

(1) Séance du 21 août 1922.

(2) E. Massonnat, *Contribution à l'étude des Pupipares* (*Annales Université de Lyon*, *Sciences*, fasc. 28, 1909).

qui, néanmoins, dépassent légèrement l'extrémité de l'abdomen; *Melophagus ovinus* L. (du Mouton) est totalement aptère. Or, chez ces deux Pupipares, les muscles vibrateurs du vol, longitudinaux et transversaux, ont complètement disparu.

Si Massonnat a décrit chez ces deux espèces des muscles thoraciques dorsaux plus ou moins réduits, qu'il a homologués aux vibrateurs longitudinaux que Janet (1907) (¹) considère comme propres aux Insectes pourvus d'ailes à battements vibratoires, cette assimilation n'est pas exacte. Ces muscles sont, à notre avis, des muscles extrinsèques des pattes dont le grand développement réalise, comme l'un de nous (²) l'a déjà constaté chez un Diptère aptère non parasite, *Apterina pedestris* Meig., une hypertrophie compensatrice des muscles du vol.

En effet, si l'on étudie une nymphe de *Melophagus* prise au moment de la formation des muscles de l'imago, on ne voit point dans la région dorsale du thorax les muscles larvaires qui, remaniés, donnent (Van Rees, Pérez) les vibrateurs longitudinaux des Diptères ailés. Par contre, des myoblastes provenant d'un petit massif particulier édifient des muscles de direction dorso-ventrale très oblique qui occupent la place des vibrateurs absents. Or, ce massif de myoblastes est, sans conteste, homologue à celui que Pérez (1910) (³) décrit chez *Calliphora erythrocephala* Mg., et qui édifie les extrinsèques des pattes.

D'autre part, les muscles vibrateurs longitudinaux des Insectes ailés possèdent une structure particulière très caractéristique; or, les muscles, qui dans des coupes transverses du thorax de *Melophagus* et de *Crataerhina* en occupent la place, ont la structure type des muscles ordinaires des Insectes, comme les muscles des pattes.

II. *La régression des muscles du vol chez les Pupipares n'est pas une orthogénèse.*

Pour comprendre les faits, il est nécessaire d'être renseigné sur l'architecture des vibrateurs longitudinaux chez les Diptères à ailes normales.

Dans le cas le plus fréquent, *Muscidæ* (comme *Calliphora erythrocephala* Mg., *Fucellia*, *Borborus*, *Sphærocera*, *Cœlopa*, *Hecamede*, etc.), chacun des deux muscles, vu en coupe transversale, est formé d'une seule série de fibres superposées en file verticale.

(¹) Ch. Janet, *Anatomie du corselet et histolyse des muscles vibrateurs après le vol nuptial, chez la Reine de la Fourmi* (Lasius niger). (Limoges, Ducourtieux et Gout, 1907).

(²) L. Mercier, Apterina pedestris *Meig.*, *Les muscles du vol chez certains Diptères à ailes rudimentaires ou nulles* (*Comptes rendus*, t. 172, 1921, p. 716).

(³) Ch. Pérez, *Recherches histologiques sur la métamorphose des Muscides*, Calliphora erythrocephala *Meig.* (*Arch. zool. exp.*, 5ᵉ série, t. 4, 1910, p. 1).

Au contraire, dans les deux groupes affines des *Empidæ* (*Chersodromia hirta* Walk.) et des *Asilidæ* (*Asilus trigonus* Meig.), chaque muscle est formé de deux ou plusieurs séries de fibres disposées côte à côte.

Or, chez *Lynchia maura* Big. (¹) (parasite du Pigeon), capable de voler, l'architecture des vibrateurs longitudinaux est du type Empidé, chaque muscle étant formé d'une double rangée de sept à douze fibres superposées. Chez *Hippobosca equina* L. (parasite du Cheval, du Bœuf), également capable de voler, mais qui possède des ailes plus faibles que celles de *Lynchia*, l'architecture des vibrateurs est du type Muscidé, chaque muscle étant formé d'une série de quatre à cinq fibres. Il n'est donc pas légitime, comme le fait Massonnat, de regarder le dispositif de la seconde espèce comme une étape régressive de ce qui existe chez la première. Il est beaucoup plus vraisemblable de penser que *Lynchia* et *Hippobosca* proviennent de deux phylums différents.

En résumé, la série orthogénétique que l'on pourrait être tenté d'établir avec des étapes analogues à *Lynchia*, *Hippobosca*, *Crataerhina*, *Melophagus*, et qui paraissait assez séduisante, n'est pas soutenable. *Lynchia* et *Hippobosca*, ailés, ont deux types différents d'architecture musculaire sans aucun rapport avec la vie parasitaire et ne sont probablement pas apparentés; *Crataerhina*, microptère, et *Melophagus*, aptère, ne présentent plus trace de muscles alaires.

D'autre part, les recherches de l'un de nous (²) sur la perte de la faculté du vol chez des Diptères non parasites (*Chersodromia* et *Apterina*), celles de Poisson (³) chez certains Hémiptères aquatiques, montrent que les muscles du vol disparaissent suivant des processus compliqués et variés, tout se passant comme si des variations brusques dans le *nombre* des fibres de ces muscles étaient le phénomène primordial, de cause inconnue, déterminant comme conséquence secondaire un usage réduit des ailes ou un

---

(¹) Nous sommes heureux d'exprimer nos bien vifs remercîments à notre collègue, M. E. Sergent, directeur de l'Institut Pasteur d'Algérie, qui nous a procuré les exemplaires de *Lynchia* et d'*Hippobosca* nécessaires à nos recherches.

(²) L. Mercier, *Variation dans le nombre des fibres des muscles vibrateurs longitudinaux chez* Ch. hirta *Walk.* (*Comptes rendus*, t. 171, 1920, p. 953). — *Contribution à l'étude de la régression d'un organe : les muscles vibrateurs du vol d'* Apterina pedestris *Meig. pendant la nymphose* (*Comptes rendus*, t. 174, 1922, p. 637).

(³) R. Poisson, *Recherches sur le déterminisme de la perte de la faculté du vol chez les Hémiptères aquatiques* (*Comptes rendus*, t. 172, 1921, p. 1322).

non-usage; c'est ce que Bezzi (1916) [1], à titre d'hypothèse, avait déjà suggéré. Comme nous le soutenons depuis longtemps, contrairement aux idées lamarckiennes, c'est l'organe qui crée la fonction, et non pas l'inverse.

L'atrophie des ailes n'est pas parallèle à celle des muscles, comme le croyait Massonnat; c'est un phénomène qui ne suit pas forcément l'atrophie musculaire, qui est postérieur dans le temps et dont les modalités sont extrêmement variables dans les différents groupes d'Insectes.

La fréquence des espèces incapables de vol parmi les parasites paraît constituer un problème analogue à celui de la fréquence relative des Insectes désailés des bords de la mer et des îles.

M. H. Lecomte fait hommage à l'Académie du fascicule 4, Tome VII (*Graminées*, par E.-G. Camus et Mlle A. Camus) de la *Flore générale de l'Indo-Chine*, publiée sous sa direction.

NOMINATIONS

M. Ch. Gravier est désigné pour représenter l'Académie, le 24 septembre, à l'inauguration de la plaque commémorative apposée sur la maison d'*Edmond Perrier*, à Tulle.

CORRESPONDANCE.

M. Ringelmann adresse un Rapport sur l'emploi qu'il a fait de la subvention qui lui a été accordée sur la *Fondation Loutreuil* en 1920.

---

(1) M. Bezzi, *Riduzione e scomparsa delle ali negli Insetti Ditteri* (*Rivista di Scienze naturali « Natura »*, t. 7, 1916, p. 85).

GÉOMÉTRIE INFINITÉSIMALE. — *Sur un espace mobile attaché à un réseau.* Note [1] de M. E. **Merlin**, présentée par M. G. Kœnigs.

Considérons un système d'axes fixes $Oxyz$. Si u et v désignent deux paramètres variables, le point M de coordonnées

$$x = x(u, v), \qquad y = y(u, v), \qquad z = z(u, v)$$

décrira un certain réseau. Admettons encore que le déterminant $\left|\frac{\partial x}{\partial u}, \frac{\partial x}{\partial v}, x\right|$ est différent de zéro.

Soit P, un point quelconque de coordonnées X, Y, Z rapportées aux mêmes axes. La transformation (T), définie par le système

$$(\mathrm{T}) \qquad \left\{\begin{aligned} X &= x + \xi\frac{\partial x}{\partial u} + \eta\frac{\partial x}{\partial v} + \zeta x, \\ Y &= y + \xi\frac{\partial y}{\partial u} + \eta\frac{\partial y}{\partial v} + \zeta y, \\ Z &= z + \xi\frac{\partial z}{\partial u} + \eta\frac{\partial z}{\partial v} + \zeta z, \end{aligned}\right.$$

fera correspondre, au point P, un point P′ de coordonnées ξ, η, ζ, par rapport aux axes $Oxyz$. La transformation affine T dépendant des paramètres u et v, le point P′ appartiendra à un espace mobile avec la position du point M qui décrit le réseau considéré.

Définissons ensuite neuf fonctions a, b, c; a', b', c'; a'', b'', c'' de telle manière que le système

$$(\mathrm{E}) \qquad \left\{\begin{aligned} \frac{\partial^2\theta}{\partial u^2} &= a\,\frac{\partial\theta}{\partial u} + b\,\frac{\partial\theta}{\partial v} + c\,\theta, \\ \frac{\partial^2\theta}{\partial u\,\partial v} &= a'\frac{\partial\theta}{\partial u} + b'\frac{\partial\theta}{\partial v} + c'\theta, \\ \frac{\partial^2\theta}{\partial v^2} &= a''\frac{\partial\theta}{\partial u} + b''\frac{\partial\theta}{\partial v} + c''\theta. \end{aligned}\right.$$

admette les solutions $\theta = x$, $\theta = y$, $\theta = z$. Les neuf fonctions ainsi introduites vérifient les six conditions de compatibilité du système (E), à

[1] Séance du 4 septembre 1922.

savoir :

$$(\mathrm{C})\quad\left|\begin{aligned}
&\frac{\partial a}{\partial v}+\qquad a''b\qquad=\frac{\partial a'}{\partial u}+a'b'+c',\\
&\frac{\partial b}{\partial v}+ab'+bb''+c=\frac{\partial b'}{\partial u}+a'b+b'^2,\\
&\frac{\partial c}{\partial v}+ac'+bc''\qquad=\frac{\partial c'}{\partial u}+a'c+b'c',\\
&\frac{\partial a'}{\partial v}+a'^2+a''b'\qquad=\frac{\partial a''}{\partial u}+aa''+a'b''+c'',\\
&\frac{\partial b'}{\partial v}+a'b'+c'\qquad=\frac{\partial b''}{\partial u}+a''b.\\
&\frac{\partial c'}{\partial v}+a'c'+b'c''\qquad=\frac{\partial c''}{\partial u}+a''c+b''c'.
\end{aligned}\right.$$

Réciproquement, si l'on se donne neuf fonctions $a, \ldots, c''$ vérifiant (C), il existe une infinité de réseaux tels que les coordonnées x, y, z d'un quelconque de leurs points satisfont au système (E). Ces réseaux se déduisent de l'un d'eux par des transformations affines conservant l'origine des coordonnées.

Cela étant, supposons que les coordonnées X, Y, Z de P soient fonctions de u et de v. Les coordonnées ξ, η, ζ du point P′ correspondant seront également fonctions de u et de v. Au déplacement élémentaire de P, correspondra dans la transformation (T) attachée aux valeurs de u et de v qui fixent la position de P, à partir de laquelle le déplacement est envisagé, un déplacement élémentaire de P′ dont les composantes suivant les axes $Oxyz$ seront les suivantes :

$$(\mathrm{D})\quad\left\{\begin{aligned}
D_\xi&=(a\xi+a'\eta+\zeta+1)\,du+(a'\xi+a''\eta)\,dv+d\xi,\\
D_\eta&=(b\xi+b'\eta)\,du+(b'\xi+b''\eta+\zeta+1)\,dv+d\eta,\\
D_\zeta&=(c\xi+c'\eta)\,du+(c'\xi+c''\eta)\,dv+d\zeta.
\end{aligned}\right.$$

Si u et v sont fonctions d'une même variable t, que nous assimilerons au temps, les formules (D), dont tous les membres auront été divisés par dt, fourniront les composantes V_ξ, V_η, V_ζ du vecteur qui correspond à la vitesse du point P, dans la transformation (T) attachée aux valeurs de u et de v qui fixent la position de P.

Si l'on désire avoir les composantes J_ξ, J_η, J_ζ du vecteur qui correspond à l'accélération de P, dans la même transformation, il suffira de remplacer, dans les formules donnant V_ξ, V_η, V_ζ, ces dernières composantes respectivement par J_ξ, J_η, J_ζ, et ξ, η, ζ respectivement par V_ξ, V_η et $V_\zeta - 1$.

Considérons ensuite un point P de coordonnées X, Y, Z, fonctions

de u, v et une surface S définie par l'équation

$$(1) \qquad F(l, m, n, \ldots, X, Y, Z) = 0,$$

dans laquelle l, m, n sont fonctions de u, v. Supposons encore u et v fonctions de t et désignons respectivement par P_1, S_1 et (T_1), le point, la surface et la transformation correspondant à $t = t_1$. Soumettons la figure à la transformation (T_1), à P_1 et S_1 correspondront respectivement P'_1 et S'_1. Soit

$$(2) \qquad \varphi(l_1, m_1, n_1, \ldots, \xi, \eta, \zeta) = 0$$

l'équation de S'_1, l_1, m_1, n_1 désignant les valeurs de l, m, n correspondant à $t = t_1$. Si P_1 est sur S_1, P'_1 sera sur S'_1 et l'équation (2) sera vérifiée, quand on remplacera ξ, η, ζ par les coordonnées de P'_1. Si, en outre, le lieu de P est tangent à S_1 en P_1, le déplacement élémentaire D_ξ, D_η, D_ζ correspondant au déplacement élémentaire de P_1 dans la transformation T_1 sera tangent à S'_1 en P'_1 et réciproquement. La condition de contact considérée pourra donc s'écrire

$$\frac{\partial\varphi}{\partial\xi} D_\xi + \frac{\partial\varphi}{\partial\eta} D_\eta + \frac{\partial\varphi}{\partial\zeta} D_\zeta = 0.$$

Lorsque t varie, S_1 considérée comme appartenant à la famille engendrée par la surface S variable avec T, admet une caractéristique C_1. A C_1, la transformation (T_1) fait correspondre une courbe C'_1, définie par l'équation (2) à laquelle on joindra l'équation suivante :

$$(3) \qquad \begin{aligned} &\frac{\partial\varphi}{\partial\xi}[(a\xi + a'\eta + \zeta + 1)\,du + (a'\xi + a''\eta)\,dv] \\ &+ \frac{\partial\varphi}{\partial\eta}[(b\xi + b'\eta)\,du + (b'\xi + b''\eta + \zeta + 1)\,dv] \\ &+ \frac{\partial\varphi}{\partial\zeta}[(c\xi + c'\eta)\,du + (c'\xi + c''\eta)\,dv] \\ &= \frac{\partial\varphi}{\partial l}dl + \frac{\partial\varphi}{\partial m}dm + \frac{\partial\varphi}{\partial n}dn + \ldots, \end{aligned}$$

où l'on fera $t = t_1$.

Si u et v sont variables indépendantes, les points caractéristiques de S_1 correspondront dans la transformation inverse $(T_1)^{-1}$, aux points P'_1 dont les coordonnées vérifient l'équation (2) et les équations déduites de (3) en annulant les coefficients de du et de dv.

La méthode précédente convient particulièrement à l'étude des propriétés des réseaux, qui sont liées à un point et qui se conservent dans la transformation affine admettant le point considéré comme point double.

GÉOMÉTRIE DE SITUATION. — *Les multiplicités cantoriennes.* Note [1] de M. P. Urysohn, présentée par M. Henri Lebesgue.

Le problème de la définition purement géométrique des lignes peut être actuellement regardé comme complètement résolu. Nous avons, en effet, les notions suivantes :

1° Les lignes cantoriennes, c'est-à-dire les continus plans sans points intérieurs;

2° Les continus irréductibles entre deux points (Zoretti);

3° Les arcs simples (Janiszewski), notion qui se confond avec celle d'une courbe de Jordan sans points multiples.

Il est d'ailleurs à remarquer que, de ces trois notions, la dernière seule est applicable à un espace à plus de deux dimensions. En effet, un continu irréductible ne peut plus être regardé dans ce cas comme une ligne, car il peut, par exemple, contenir tout un carré (Janiszewski). On peut même construire (dans l'espace E_3 à trois dimensions) un continu irréductible qui est la frontière commune de deux domaines connexes. A plus forte raison, un continu sans points intérieurs dans E_3 n'est plus une ligne, mais peut être une surface, même quelconque, car l'absence de points intérieurs n'exclut que les volumes; et nous n'avons, jusqu'à présent, aucun moyen de distinguer entre elles les lignes et les surfaces [2]. Il y a même plus. Il n'existe actuellement aucune définition purement géométrique d'une surface, soit cantorienne (c'est-à-dire répondant à la notion vulgaire de surface de la même manière que la définition d'une ligne cantorienne correspond à la notion intuitive d'une ligne), soit Jordanienne (c'est-à-dire homéomorphe à un carré). Les définitions jusqu'à présent proposées (Zoretti, Janiszewski, Yoneyama [3)] ne peuvent être regardées comme satisfaisantes.

On est ainsi amené à poser les problèmes suivants :

1° *Donner une définition des lignes cantoriennes valable pour un espace quelconque ;*

2° *Définir les surfaces et, plus généralement, les multiplicités cantoriennes à n dimensions.*

Ces problèmes sont complètement et pour la première fois résolus dans cette Note. Les définitions fondamentales sont suivies de quelques théorèmes dont je ne puis, faute de place, donner ici que les énoncés.

Je suppose que les ensembles considérés sont situés dans un espace métrique [« classe $(\mathfrak{D})$ » de M. Fréchet] compact $\mathcal{E}$; donc, en particulier, nos considérations seront applicables aux ensembles bornés des espaces

---

(1) Séance du 4 septembre 1922.

(2) D'après une définition proposée par M. Zoretti (*Acta mathematica*, t. 36), toute surface convexe serait une ligne.

(3) Janiszewski et Yoneyama définissent une surface (Jordanienne) comme ensemble d'arcs simples.

euclidiens. Soit C un ensemble quelconque (fermé ou non) de $\mathcal{E}$, x un point de C.

Définition 1. — *Nous dirons que l'ensemble* B, *agrégé à* C, ε-*sépare le point* x, *s'il est possible de décomposer la différence* C — B *en deux ensembles* A *et* D *de telle manière que :* 1° A *et* D *soient séparés* (Hausdorff, Mazurkiewicz), c'est-à-dire qu'ils soient sans points communs et qu'aucun d'eux ne contienne des points-limites de l'autre ; 2° A *contienne* x ; 3° A *et* B *soient contenus dans une sphère de centre* x *et de rayon égal à* ε.

Définition 2_0. — *Si, quel que soit* ε, *le point* x *de* C *peut être* ε-*séparé par un ensemble vide, nous dirons que* x *est de dimension* 0 (*par rapport à* C) : $\dim_x C = 0$.

Définition 3_0. — *Si tous les points de* C *sont de dimension* 0, C *lui-même sera dit de dimension* 0 : $\dim C = 0$.

Les ensembles et les points de dimension n seront définis par induction ; supposons, en effet, que les dimensions $< n$ soient déjà définies. Alors :

Définition 2_n. — *Si* x *n'est pas, par rapport à* C, *de dimension* $< n$, *mais peut être, quel que soit* ε, ε-*séparé par un ensemble* B *de dimension* $< n$, *nous dirons qu'il est de dimension* n : $\dim_x C = n$.

Définition 3_n. — *Si tous les points de* C *sont de dimension* $\leqq n$, *et s'il y en a qui soient de dimension* $= n$, C *sera dit de dimension* n : $\dim C = n$.

Théorème I. — *Soit* $\mathcal{F}$ *un ensemble fermé de dimension* n. *Il est possible, quel que soit* ε, *de le couvrir d'une famille finie* $\mathcal{F}_1, \mathcal{F}_2, \ldots, \mathcal{F}_k$ *d'ensembles fermés de diamètres* $< \varepsilon$ *de telle manière qu'aucun point de* $\mathcal{F}$ *ne soit couvert par plus de* $n + 1$ *de ces ensembles ; mais, si* ε *est assez petit, il y aura certainement des points communs à* $n + 1$ *ensembles* $\mathcal{F}_i$ *différents.*

La même propriété a été démontrée par M. Lebesgue ([1]) pour les cubes n-dimensionnels. Il en résulte immédiatement que :

Théorème II. — *Chaque point intérieur* x *d'un ensemble* (*fermé ou non*) C *situé dans un espace euclidien* E_n *est de dimension* n ; *l'ensemble* C *est lui-même de dimension* n.

Par contre :

Théorème III. — *Un ensemble* (*fermé ou non*) C *sans points intérieurs, situé dans* E_n, *est de dimension* $< n$.

Donc, en particulier, un continu plan est une ligne cantorienne ou non, suivant qu'il est de dimension 1 ou 2. La définition suivante semble donc bien naturelle :

([1]) *Fundamenta Mathematicæ*, t. 2.

Définition 4. — *Un continu de dimension* 1 (*situé dans un espace quelconque*) *sera dit « une ligne cantorienne »*.

Définition 5. — *Une multiplicité cantorienne est un continu* K *de dimension* n, *tel que l'ensemble de points de dimension* n (par rapport à K), *soit partout dense sur* K.

La convenance de cette dernière définition est confirmée par le théorème suivant :

Théorème IV. — *Un continu* K *de* E_n, *frontière commune de deux domaines* (*connexes ou non*), *est une multiplicité cantorienne de dimension* $n-1$.

La structure des ensembles fermés de dimension n est révélée par le :

Théorème V. — *Un ensemble fermé* $\mathfrak{F}$ *de dimension n peut être décomposé en* $n+1$, *mais ne peut pas être décomposé en* n *ensembles de dimension* 0.

Les ensembles composants sont non fermés; car pour les ensembles fermés, nous avons par contre :

Théorème VI. — *Si l'ensemble* (*fermé ou non*) Φ *est la somme d'un nombre fini ou dénombrable d'ensembles fermés* $\mathfrak{F}_i$ *de dimension* $\leqq n$, Φ *est également de dimension non supérieure à* n.

La dimension des ensembles fermés n'est pas due à la superposition de portions de dimension inférieure, mais elle résulte de la présence de ce que l'on pourrait appeler un *noyau dimensionnel* P. Soient, en effet, $\mathfrak{F}$ un ensemble fermé de dimension n, Q l'ensemble des points de $\mathfrak{F}$ de dimension n (par rapport à $\mathfrak{F}$), $P = Q + Q'$. On a :

Théorème VII. — Q *est dense en soi*.

Théorème VIII. — Dim. $P = n$; *de plus, chaque point de* Q *a* (par rapport à P) *la même dimension n*.

HYDRODYNAMIQUE. — *Sur les équations du mouvement à deux dimensions de solides dans un liquide avec tourbillons.* Note [1] de M. **D. Riabouchinski**, présentée par M. G. Kœnigs.

Les équations générales du mouvement de corps solides dans un fluide parfait, incompressible, se mouvant irrotationnellement [2], peuvent être facilement étendues aux mouvements parallèles à un plan fixe de solides dans un fluide avec tubes de tourbillon infiniment déliés. Remplaçons

(1) Séance du 4 septembre 1922.

(2) *Comptes rendus*, t. 173, 1921, p. 826; *Thèse*, 1922, p. 110 (Gauthier-Villars).

d'abord les tubes de tourbillon par des cylindres rigides fixes de rayon évanouissant ε. Les composantes de la force agissant sur l'un quelconque de ces cylindres, rapportées à l'unité de longueur, seront, en raison des équations générales du mouvement de corps solides rappelées ci-dessus,

$$(1) \qquad X_k = -\frac{\partial \mathcal{K}}{\partial a_k} - \rho \varkappa_k v_k, \qquad Y_k = -\frac{\partial \mathcal{K}}{\partial b_k} + \rho \varkappa_k u_k.$$

Les termes $\frac{\partial \mathfrak{T}}{\partial a_k}$ et $\frac{\partial \mathfrak{T}}{\partial b_k}$ ne figurent pas dans ces équations car l'énergie cinétique $\mathfrak{T}$ de la partie acyclique du mouvement n'est pas modifiée par le déplacement d'un cylindre de rayon évanouissant. La troisième équation, définissant le couple N, est vérifiée identiquement. Dans les équations (1), a_k et b_k sont les coordonnées de la trace du cylindre sur le plan xy; u_k, v_k les composantes de la vitesse au point (a_k, b_k), considéré comme fluide, dans le mouvement acyclique, et $\mathcal{K}$ l'énergie cinétique de la partie cyclique du mouvement. La présence de termes $\log \varepsilon$, qui ne contiennent pas les coordonnées a_k, b_k, rend $\mathcal{K}$ infini, mais les dérivées de $\mathcal{K}$ ont des valeurs bien déterminées.

Dans le voisinage immédiat de la trace du cylindre fixe k, on a le développement

$$w = \frac{i\varkappa_k}{2\pi} \log z_1 + u\left(z_1 + \frac{\varepsilon^2}{z_1}\right) - iv\left(z_1 - \frac{\varepsilon^2}{z_1}\right) + \ldots,$$

où $z_1 = z - (a_k + ib_k)$. Les composantes de la force agissant sur le cylindre peuvent être exprimées, par conséquent, comme suit :

$$(2) \qquad X_k = -\rho \varkappa_k v, \qquad Y_k = \rho \varkappa_k u.$$

Si le point (a_k, b_k) était la trace d'un tube de tourbillon libre, on aurait le développement

$$w = \frac{i\varkappa_k}{2\pi} \log z_1 + (u - iv) z_1 + \ldots.$$

Par conséquent, si l'on connaît les composantes de la force agissant sur le cylindre fixe de rayon évanouissant ε, on peut aussitôt calculer, d'après les équations (2), les composantes de la vitesse d'un tourbillon libre occupant, au moment actuel, la même position.

En raison de cette remarque et des équations (1), on peut écrire

$$\rho \varkappa_k \frac{da_k}{dt} = -\frac{\partial \mathcal{K}}{\partial b_k} + \rho \varkappa_k u_k; \qquad \rho \varkappa_k \frac{db_k}{dt} = \frac{\partial \mathcal{K}}{\partial a_k} + \rho \varkappa_k v_k.$$

Ce sont les équations du mouvement des tubes de tourbillon en présence

de solides. La forme des équations du mouvement des solides est la même que dans le mouvement irrotationnel, mais $\mathcal{K}$ exprime maintenant l'énergie cinétique du mouvement cyclique, y compris celui qui est déterminé par la présence des tourbillons. On démontre que la forme des équations du mouvement des solides n'est pas modifiée lorsqu'on remplace les cylindres fixes de rayon évanouissant par des tubes de tourbillon infiniment déliés, en remarquant que $\mathcal{K}$ ne contient pas les vitesses $\frac{da_k}{dt}$, $\frac{db_k}{dt}$. Nous avons obtenu ainsi, dans le cas du mouvement à deux dimensions, les équations générales qui déterminent l'influence mutuelle des solides et des tubes de tourbillon de sections infiniment petites.

Considérons un cas particulier. Soit un solide maintenu immobile dans un liquide ayant à l'infini la vitesse U_0 avec un nombre quelconque n de tubes de tourbillon. Pour plus de généralité nous admettrons qu'il y a aussi une circulation indépendante $\varkappa_0$ autour du solide. En appliquant les formules obtenues, on peut exprimer les composantes de la pression du fluide sur les solides comme suit :

$$X = \rho \sum_{k=1}^{k=n} \varkappa_k \frac{db_k}{dt}, \qquad Y = \rho\varkappa_0 U_0 + \rho \sum_{k=1}^{k=n} \varkappa_k \left(U_0 - \frac{da_k}{dt} \right).$$

Pour calculer les vitesses $\frac{da_k}{dt}$, $\frac{db_k}{dt}$, on peut aussi appliquer la formule

$$\lim_{z \to z_k} \left(\frac{dw}{dz} - \frac{\varkappa i}{2\pi} \frac{1}{z - z_k} \right) = \frac{da_k}{dt} - i\frac{db_k}{dt}.$$

On obtient facilement la relation entre $w = \varphi + i\psi$ et $z = x + iy$, dans de très nombreux cas, en appliquant le raisonnement suivant. Si le corps est un cylindre rond de rayon c, on peut écrire, en utilisant une théorie connue [1],

$$w = U_0 \left(z + \frac{c^2}{z} \right) + \frac{i\varkappa_0}{2\pi} \log z + \frac{i}{2\pi} \sum_{k=1}^{k=n} \varkappa_k \log \frac{z - \frac{c^2}{z_k} e^{i\theta_k}}{z(z - z_k e^{i\theta_k})},$$

où z_k et θ_k sont les coordonnées polaires du tourbillon k. Le nombre n des tourbillons et leur disposition sont arbitraires. On passe ensuite à un solide d'une autre forme en utilisant la représentation conforme.

Par exemple, dans le cas d'un plan mince de largeur $2a$, orthogonal au

---

(1) H. Lamb, *Hydrodynamics*, 1916, p. 217.

courant, avec deux tourbillons symétriques, on a

$$w = U_0\sqrt{z^2+a^2} + \frac{\varkappa i}{2\pi}\log\frac{\sqrt{z^2+a^2}-\sqrt{z_1^2+a^2}}{\sqrt{z^2+a^2}-\sqrt{z_2^2+a^2}},$$

où $z_1 = x_0 + iy_0$, $z_2 = x_0 - iy_0$ sont les affixes des tourbillons et l'on démontre facilement que lorsque

$$y_0 = -\frac{1}{\sqrt{3}}x_0 + \sqrt{\frac{4}{3}x_0^2 + a^2},$$

$$\varkappa^2 = \frac{16}{\sqrt{3}}\pi^2 U_0^2 x_0 y_0,$$

les vitesses ne prennent pas de valeurs infinies sur les arêtes du plan mince et les tourbillons sont immobiles.

HYDRODYNAMIQUE. — *Sur les mouvements plans tourbillonnaires dans un fluide simplement ou doublement connexe, contenant des parois solides.* Note (¹) de M. **Henri Villat**, présentée par M. G. Kœnigs.

La très intéressante Note ci-dessus, de M. D. Riabouchinski, dans laquelle l'auteur trouve une ingénieuse et élégante application de certaines belles formules démontrées par lui dans sa thèse, me fournit l'occasion de signaler un groupe de résultats que j'ai obtenus de mon côté dans le même ordre d'idées, en utilisant le procédé de la représentation conforme, auquel mon savant collègue fait du reste aussi allusion en terminant. Dans une Note antérieure (²) j'avais donné une application, à un problème de mouvement varié, de ce procédé de transformation des mouvements tourbillonnaires (cf. aussi la Note citée ci-après), procédé qui n'est du reste pas entièrement nouveau (³).

Par une telle transformation les tourbillons correspondent à des tourbillons; les vitesses propres de ceux-ci sont modifiées en général, mais elles sont toujours aisées à déterminer.

(¹) Séance du 4 septembre 1922.

(²) *Sur le mouvement non permanent d'un fluide en présence d'un obstacle solide* (*Comptes rendus*, t. 170, 1920, p. 653).

(³) Voir les premiers paragraphes de l'article *Développements récents concernant l'Hydrodynamique*, par MM. Love, Appell, Béghin et Villat, dans l'édition française de l'*Encyclopédie mathématique*.

Parmi les configurations qu'on peut ainsi étudier, citons le cas du plan mince, normal ou oblique à un courant, avec un nombre quelconque de tourbillons punctiformes à l'arrière, et particulièrement avec deux files indéfinies de tels tourbillons (comme dans les expériences classiques de M. H. Bénard).

On sait d'autre part étudier le mouvement de tourbillons punctiformes dans un espace fluide annulaire sur un plan Z. J'ai donné dans une Note (1) des développements à ce sujet pour certaines configurations, notamment pour des configurations symétriques autour du centre de l'anneau. On peut en obtenir un nombre infini de nouvelles, en combinant linéairement des fonctions $\varphi + i\psi$ telles que celles citées dans cette dernière Note, pour diverses valeurs de n, et en y ajoutant au besoin un terme en $\log Z$. Au moyen de représentations conformes appropriées (2), on peut passer de là à des configurations tourbillonnaires très variées dans des domaines fluides *doublement connexes*. On étudie ainsi le cas du fluide limité par un mur, et contenant un solide — notamment un solide de paroi circulaire ou rectiligne — avec plusieurs tourbillons ou une infinité de tourbillons en deux files à l'arrière; ceci généralise la configuration de M. H. Bénard, ici particulièrement intéressante à cause de l'application schématique à l'aile d'avion.

De même le cas d'un solide (notamment d'un plan mince) dans un canal à bords parallèles, avec tourbillons à l'arrière, en nombre fini, ou disposés en files indéfinies, se laisse étudier de même. Dans chaque cas, tous les éléments du mouvement : pression totale sur le solide, vitesses des tourbillons, sont aisés à calculer. Les configurations les plus intéressantes sont naturellement celles pour lesquelles les tourbillons sont immobiles, et où le mouvement est permanent.

La généralisation est possible aux cas comportant de régions tourbillonnaires d'aire finie. Une autre méthode est alors souvent préférable, ramenant la question à des problèmes de représentation conforme pour des domaines dont certaines portions des frontières se déduisent les unes des autres par translation, problèmes au sujet desquels j'ai exposé déjà divers résultats dans une Note (3).

---

(1) *Sur quelques mouvements cycliques, avec ou sans tourbillons* (*Comptes rendus*, t. 170, 1920, p. 449).

(2) Voir mon Mémoire *Sur la représentation conforme des aires doublement connexes* (*Annales de l'École Normale supérieure*, 1921).

(3) *Sur un nouveau problème concernant les fonctions harmoniques et la représentation conforme* (*Comptes rendus*, t. 174, 1922, p. 656).

MINÉRALOGIE. — *Sur la composition des marnes irisées.* Note (¹) de M. Thiébaut.

Les marnes du keuper, dans l'est du bassin de Paris, se distinguent ordinairement des autres assises marneuses par leurs teintes vives qui varient souvent sur un espace très restreint. Le brun rouge y domine, à côté du violet, du vert clair, d'un gris vert pâle et du gris pâle.

Si l'on attaque à froid ces marnes par l'acide chlorhydrique étendu de 20 fois son volume d'eau, on dissout la dolomie ou la calcite qu'elles renferment.

Le résidu argileux agit très nettement sur la lumière polarisée, il est attirable par l'électro-aimant. Nous l'avons soumis, en même temps que d'autres minéraux bien définis, à l'action de divers réactifs usuels : solution au $\frac{1}{10}$ de soude caustique, acide chlorhydrique étendu de son volume d'eau, acide sulfurique concentré. Comme l'avaient déjà établi MM. Lavegard et Vogt, il résulte de ces essais que la soude caustique attaque toutes les variétés de silice à la température de 55°, mais dans des proportions variables. Elle agit très peu sur l'orthose et les micas, et en particulier sur les micas blancs. Elle dissout toujours des proportions très appréciables des principales argiles (argile kaolinique, halloysite, montmorillonite) et, lors de ces essais, les rapports moléculaires de la silice et l'alumine passées dans la solution sont sensiblement ceux que donne leur composition théorique. Par contre, la partie argileuse des marnes irisées paraît très peu attaquable par ce réactif qui ne dissout que de la silice en quantité un peu importante. Si l'on renouvelle l'opération, la proportion dissoute diminue rapidement, en même temps que le rapport de la silice à l'alumine augmente. Cette substance paraît donc formée d'un mélange de silice libre et d'un corps beaucoup moins attaquable que les argiles pures par la solution sodique.

L'acide chlorhydrique n'attaque pratiquement pas les micas blancs ; au contraire, il agit sur certaines argiles; mais son action est beaucoup plus grande encore sur la partie argileuse des marnes irisées. Cette dernière donne un résidu en proportion variable, désigné plus loin sous le nom de résidu chlorhydrique qui renferme la silice mise en liberté par l'attaque. On

---

(¹) Séance du 4 septembre 1922.

l'en sépare facilement en le traitant quelques minutes à la température du bain-marie par la solution sodique.

L'analyse des liqueurs ainsi obtenues, avec quelques échantillons prélevés dans tout l'étage, permet d'y constater la présence de fer, de magnésie et d'alcalis. On y trouve souvent aussi un peu de chaux qu'on peut attribuer à des particules de dolomie non dissoutes lors de la première attaque par l'acide chlorhydrique. Si l'on déduit la quantité correspondante de magnésie, et si l'on compte tout le fer à l'état de protoxyde, on constate que le rapport alumine : bases protoxydes, est sensiblement constant, et très voisin de 0,5, exception faite des marnes rouges, pour lesquelles il s'en écarte davantage. Mais, dans ces dernières, l'examen microscopique et des essais qualitatifs mettent facilement en évidence la présence du peroxyde de fer à l'état libre, car si l'on attaque la substance avec précaution par l'acide chlorhydrique étendu, elle se décolore dans la plupart des cas, et la partie ainsi épurée présente un rapport moléculaire $\frac{Al^2O^3}{FeO, MgO}$ plus élevé que le rapport primitif et très comparable alors à celui des marnes grises ou vertes, dans lesquelles, en général, la presque totalité du fer est à l'état de protoxyde.

Enfin, si l'on fractionne l'attaque chlorhydrique de la partie argileuse d'une de ces dernières roches, le rapport alumine : bases reste constant.

Le rapport silice : alumine présente, par contre, plus de variations : il oscille entre 5,5 et 4. Cependant, en n'attaquant par l'acide qu'après avoir fait agir au préalable la solution sodique, de façon à débarrasser la substance d'une bonne partie de la silice libre la plus soluble, les rapports trouvés deviennent très voisins de 4.

Voici, au reste, l'analyse de trois types extrêmes :

	SiO^2.	Al^2O^3.	FeO.	MnO.	MgO.	CaO.	K^2O.	Na^2O.	Rapports mol. $\frac{SiO^2}{Al^2O^3}$.	$\frac{Al^2O^3}{\text{bases}}$.
1....	61,16	18,73	7,13	0,25	5,12	néant	5,87	1,72	5,54	0,56
2....	54,08	20,32	8,90	0,18	3,01	0,61	7,37	5,52	4,52	0,54
3....	52,10	18,40	15,27	0,07	6,44	0,24	4,76	2,71	4,82	0,39

1. Marne verte du keuper supérieur (Varangéville).
2. Partie argileuse de la dolomie des environs de Chalindrey.
3. Marne rouge du keuper supérieur (Bayon).

Cette partie des marnes contient de l'eau de combinaison qu'on peut doser par différence, en partant d'échantillons légèrement attaqués à

chaud, de façon à les débarrasser des carbonates ayant pu résister à un premier traitement chlorhydrique. La perte au feu était déterminée sur ce produit, puis sur le résidu des attaques. Dans ces conditions, le rapport $\frac{H^2O}{Al^2O^3}$ est très voisin de 2. Il semble donc bien qu'on puisse conclure à l'existence, comme élément essentiel de la partie argileuse des marnes irisées, d'un silicate complexe où tout le fer était primitivement à l'état de protoxyde, et dont la formule serait

$$4SiO^2, Al^2O^3, 2(FeO, MnO, MgO, K^2O, Na^2O), 2H^2O.$$

Ce minéral agit sur la lumière polarisée; il est attirable par l'électro-aimant, et se rapproche, par sa composition et ses propriétés chimiques, des variétés alumineuses de glauconie.

Le résidu chlorhydrique, après de nombreux lavages à l'eau et à l'acide chlorhydrique très dilué, paraît, au microscope, formé de mica blanc, accompagné de quartz détritique, parfois bipyramidé; on y trouve également une très faible quantité de rutile, de zircon, de tourmaline et de grenat.

L'attaque sulfurique confirme ces faits : une partie seulement du résidu est décomposée, et, dans les liqueurs obtenues, le rapport silice : alumine varie entre 2 et 2,8. La teneur en fer est très faible, et le plus souvent inférieure à 1 pour 100; celle en magnésie en est très voisine; par contre, on y trouve souvent plus de 10 pour 100 d'alcalis et 3 à 4 pour 100 d'acide titanique. Le résidu sulfurique ne renferme plus que des fragments de quartz extrêmement ténus et quelques-uns des minéraux rares déjà cités.

Les marnes irisées semblent donc formées de trois sortes d'éléments :

1° Des carbonates (dolomite ou calcite);

2° Un silicate qui n'est pas une argile, et que sa composition rapproche de la céladonite et de la bravaisite;

3° Des éléments détritiques, dans lesquels le mica blanc, en particulier, existe en abondance, accompagné de quartz.

Des recherches en cours permettront d'établir si d'autres marnes, entre autres celles du Tertiaire d'Alsace et des environs de Paris, présentent les mêmes caractéristiques.

LITHOLOGIE. — *Sur le problème de la décomposition du kaolin par les organismes.* Note (¹) de M. **W. J. Vernadsky.**

En étudiant le riche développement des Diatomées dans les Océans, J. Murray a constaté que l'eau de mer ne contient pas la quantité de silice nécessaire pour la vie de ces algues. Il a émis l'hypothèse qu'elles possèdent des moyens spéciaux pour décomposer les parcelles argileuses qui se trouvent, ainsi qu'il l'a prouvé, dans l'eau de mer en quantité suffisante, et pour utiliser la silice ainsi libérée. Les expériences qu'il fit avec R. Irvine (²), ont prouvé que les Diatomées (*Navicula* sp.) peuvent prospérer dans l'eau ne contenant pas de silice, à condition toutefois que cette eau renferme des parcelles d'argile.

Ces expériences ont attiré l'attention des géologues et des océanographes, mais non celle des biologistes. Cependant cette faculté des Diatomées suppose une propriété des organismes vivants complètement inconnue jusqu'alors qui, non seulement joue un rôle très important dans la chimie de la mer, dont parle J. Murray, et dans la chimie de l'écorce terrestre en général, mais soulève de profonds problèmes biologiques.

La décomposition de l'argile avec libération de la silice est en effet une réaction chimique, exigeant une grande quantité d'énergie. Tous les argiles comme le kaolin, l'halloysite, la pyrophyllite, la montmorillonite, etc., contiennent le même noyau $H^2Al^2Si^2O^8$, qui est très stable chimiquement dans la biosphère. Il ne se décompose pas sous l'action des agents chimiques, prédominants à la surface terrestre — l'eau, l'oxygène et l'acide carbonique. Tous les minéraux qui contiennent ce noyau $H^2Al^2Si^2O^8$ (feldspaths, leucite, micas, zéolites, épidotes, néphéline, grenats, etc.), se transforment sous leur action en kaolin, $H^2Al^2Si^2O^8H^2O$. Ce noyau se conserve intact dans beaucoup de nos synthèses et expériences chimiques concernant ces minéraux.

Le noyau $H^2Al^2Si^2O^8$ ne se décompose, avec mise en liberté d'aluminates, d'alumine, de silice, qu'à des températures élevées (d'après les expériences du professeur S. Weyberg, seulement à plus de 1000° C.) ou sous l'action d'acides forts (par exemple H^2SO^4) à des températures supérieures à 100° C.

(¹) Séance du 4 septembre 1922.

(²) J. Murray et R. Irvine, *Proc. R. Soc. Edimb.*, t. 18, 1891, p. 245.

Ainsi J. Murray et R. Irvine ont trouvé, pour la première fois, dans ces Diatomées, un agent capable d'opérer cette décomposition dans la biosphère à une température très basse. Il existe ici une analogie avec la décomposition de CO^2 par les organismes à chlorophylle.

En étudiant les *tchernosemes* du gouvernement de Tambov (arrondissement de Morchansk), j'ai eu l'occasion d'étudier autrefois un processus particulier de décomposition de l'argile des sols caractérisé par la production d'hydrates d'alumine libres. Cette décomposition est en relation avec le relief du sol, elle se produit dans de grandes cuvettes basses, sous l'action d'eaux stagnantes du printemps, après de grandes pluies. Ces eaux renferment une grande quantité de Diatomées (étudiées par Mlle A. Missuna) et de Bactéries qui accompagnent habituellement les Diatomées dans la nature et constituent peut-être avec elles une symbiose ([1]).

La décomposition du noyau kaolinique de l'argile (ou des alumosilicates dérivés, tels que les feldspaths, etc.) des divers sols pourrait s'opérer en corrélation avec le développement des Diatomées ou des Bactéries. Nous avons pour les Bactéries des exemples de la décomposition des alumosilicates avec la formation d'argiles. On peut penser que, sous certaines conditions inconnues, l'action de certaines d'entre elles pourrait décomposer le noyau kaolinique. Certains auteurs ont d'ailleurs déjà émis l'hypothèse que la formation des sols latéritiques des régions tropicales et subtropicales caractérisée par la mise en liberté d'hydrates d'alumine, est due à l'action des microorganismes sur les kaolins.

J'ai procédé en 1918, à Kiev, avec l'aide du professeur N. Cholodny et aux frais de l'Académie des Sciences de l'Ukraine, à des expériences pour l'étude de ce problème. Malheureusement tout ce travail, entrepris avec le concours de mes assistants W. Naoumovitch (tué en 1918) et A. Ogloblin, n'a pu être mené jusqu'au bout par suite des événements.

Nous nous étions servi pour nos expériences d'argile colloïdale ou cryptocristalline du gouvernement de Podolsk dont l'analyse donne la formule du kaolin pur $H^2Al^2Si^2O^8.H^2O$.

Le but de l'expérience était de déterminer la formation d'hydrates d'alumine libres sous l'action de Diatomées, semées sur une argile, n'en contenant pas.

M. Ogloblin réussit à obtenir des cultures contenant de *Nitzschia* sp.

([1]) La formation des hydrates libres d'alumine dans les sols de nos latitudes a été constatée depuis longtemps, dans la première moitié du XIXe siècle, par C. Sprengel.

(retirés de flaques du sol des environs de Kiev) accompagnée d'une grande quantité de Bactéries non déterminées, mais appartenant sans doute à une même espèce. Il n'y avait pas d'autres organismes dans cette culture. Les Diatomées se développaient très bien sur ces argiles dans un milieu nutritif dénué de silicium, dans des vases en verre, isolés du liquide par une couche de paraffine. Dans une expérience de contrôle, la même argile fut plongée dans le même milieu nutritif, stérilisé par le sublimé; les vases se trouvaient dans des conditions identiques.

Après mon départ de Kiev et celui de M. Ogloblin les deux argiles furent soumises par M[me] M. Bezsmertny à un essai chimique, qui prouva que l'argile, où l'on avait observé une riche flore de Diatomées, contenait des hydrates libres d'alumine, tandis que la même argile de l'expérience de contrôle, dénuée de Diatomées, n'en contenait pas.

Étant donné que les cultures de Diatomées renfermaient des Bactéries (ce qui était probablement le cas dans les expériences de J. Murray et de R. Irvine), il est nécessaire d'établir, dans les expériences futures, si l'action chimique est provoquée par les Bactéries, par les Diatomées ou par leur symbiose.

La portée dans la nature de cette décomposition biochimique des structures kaoliniques, dont la formation dépend probablement dans une large mesure de la matière vivante, est très grande, et il est absolument nécessaire de tirer cette question au clair. Il serait à désirer que les biologistes portent leur attention sur ce problème.

ANATOMIE VÉGÉTALE. — *Idioblastes et diaphragmes des Nymphéacées.* Note de M. CAM. DE BRUYNE.

Il y a beaucoup d'incohérence et de contradiction dans les Traités généraux de Botanique et dans les Ouvrages de technique, au sujet de certains détails anatomiques des Nymphéacées. D'aucuns affirment en effet que les « diaphragmes » manquent totalement (Van Tieghem, Haberlandt, Oudemans et de Vries), d'autres soutiennent le contraire (Solederer), d'autres enfin n'en font aucune mention : c'est le cas le plus général. Les « poils internes », qui ont reçu les noms les plus divers, fournissent un autre objet à controverse : existent-ils chez tous les représentants de cette famille? remplacent-ils parfois morphologiquement et physiologiquement les diaphragmes (Haberlandt)? les deux formations coexistent-elles? enfin

y a-t-il, sous ce double rapport structural, des ressemblances ou des équivalences entre la racine et les autres membres morphologiques du végétal? Ici encore bien grandes sont les divergences d'opinion.

L'étude comparée m'a conduit, à propos de ces divers sujets, aux conclusions suivantes.

Les diaphragmes (sortes de cloisons transversales fenêtrées jalonnant le cours des canaux aérifères intercellulaires) existent, d'une façon constante, chez toutes les Nymphéacées que j'ai eu l'occasion d'examiner (*Nuphar luteum*, *Nymphæa alba*, *Nymphæa lotus*, *Victoria regia*). Toutefois on ne les rencontre pas toujours avec le même aspect, ni dans tous les organes. C'est ainsi que, contrairement à ce qu'enseigne Solederer, le pétiole ni le pédoncule, dans le genre *Nymphæa*, n'en possèdent, alors qu'on les retrouve dans lesdits organes de *Victoria regia* ainsi que dans la feuille.

La littérature ne m'a fourni aucune indication au sujet de l'existence de ces plaques fenêtrées dans les tissus de la racine des Nymphéacées. Ne les y a-t-on pas observées? Mes recherches me permettent d'affirmer la présence constante de nombreux diaphragmes dans la racine de toutes les espèces examinées : ils constituent dans les genres *Nymphæa* et *Victoria* des cloisons membraneuses délicates, le plus souvent faites d'une seule assise de cellules allongées, que de nombreux prolongements latéraux, implantés le plus souvent à angle droit, unissent entre elles, constituant ainsi des sortes de ponts que la membrane cellulaire traverse vers leur milieu; à ce niveau l'on constate la présence de verrues sphériques, parfois pédiculées, plus ou moins nombreuses, homogènes, le plus souvent de même grandeur, constituées de substances probablement sécrétées. Certains auteurs en effet, tels Trécul, Raciborski, Schrenck, admettent une sécrétion muqueuse à la hauteur des diaphragmes, sans qu'ils aient, à ma connaissance, signalé la présence de ces verrues.

Chez *Nuphar luteum* les choses se présentent quelque peu autrement. Dès 1845, Trécul (*Ann. des Sc. N.*, t. 4) a décrit dans les canaux aérifères du pétiole et du pédoncule des *masses cellulaires blanches* qu'il appelle encore *faux diaphragmes*. Ce détail est rapporté, sans commentaires, par Solederer, et Stomps le signale sous le nom de *poils charnus se divisant dichotomiquement*. Il s'agit dans l'espèce d'une sorte de bourre cellulaire spongieuse, occupant çà et là toute la lumière du canal. La surface irrégulière en est parfois couverte de productions verruqueuses, en tous points semblables à celles décrites plus haut.

Aucun des auteurs cités n'a examiné la racine de Nuphar au sujet de l'existence de ces formations spéciales. Les « faux diaphragmes » s'y présentent le plus souvent tout autrement : ils affectent la forme de plaques toujours paucicellulaires, ne comportant que deux ou trois éléments, parfois davantage, se touchant vers le milieu et présentant vers la périphérie des prolongements plus ou moins longs allant rejoindre la paroi du canal et donnant ainsi à l'ensemble l'aspect d'une membrane pleine au centre et fenêtrée sur les bords. Qu'il s'agisse bien là de l'équivalent d'une « cloison en bourre » signalée dans les axes aériens, la preuve en est fournie par des cas qui constituent une sorte de transition. Tel est le cas, quand certaines cellules de ces plaques, ayant conservé des parties de leur surface libres de toute continuité anatomique, ont formé en ces points des prolongements lobés ou ramifiés dichotomiquement, se garnissant de verrucosités muqueuses.

On peut donc assimiler les formations décrites dans la racine et les axes aériens de Nuphar aux diaphragmes typiques des autres Nymphéacées. Une preuve nouvelle en est fournie par le fait que parfois, dans les plaques fenêtrées de la racine de Nuphar, à la hauteur des contacts cellulaires, toute la membrane est jonchée de verrues muqueuses rappelant celles des membranes fenêtrées et des bourres spongieuses.

Contrairement donc à ce qu'avancent certains auteurs, toutes les Nymphéacées sont munies de cloisons jalonnant les canaux aérifères soit de tous les membres morphologiques, soit de la racine seulement.

Peuvent-elles être remplacées anatomiquement et physiologiquement par les poils internes, ainsi que le croit Haberlandt qui nie leur existence chez les Nymphéacées? Ces *poils internes*, que d'aucuns nomment plus exactement *idioblastes*, manquent, il est vrai, dans les tissus de la racine de Nuphar; ils existent par contre, à l'exclusion des diaphragmes, dans les axes aériens des *Nymphæa*. Faut-il en conclure qu'ils peuvent se suppléer anatomiquement et physiologiquement? Leur coexistence, que l'on peut dire être générale dans tous les organes, sauf les éléments floraux, de toutes les autres espèces examinées, semble plutôt devoir faire admettre le contraire.

Les idioblastes des Nymphéacées sont des productions destinées, par leurs propriétés physiques et chimiques, à servir de soutien aux tissus. Solederer ne les nomme-t-il pas *cellules sclérenchymateuses ramifiées?* et là où l'on voit leurs rayons, solidement constitués, s'étendre sous les grêles

cloisons fenêtrées, ou les traverser, là où, incrustés de cristaux d'oxalate de calcium, ils pénètrent dans les bourres dont les cellules constituantes moulent des divisions dichotomiques charnues sur leurs branches, ne semblent-ils pas appelés à jouer le rôle de charpente de soutènement ? La coexistence de ces deux espèces d'éléments et leurs rapports anatomiques portent à croire qu'ils ne peuvent être destinés à se suppléer éventuellement.

Il y a peut-être lieu de faire ici un rapprochement avec ce que présente la structure anatomique de la feuille dans le genre *Pontederia* (*e. a. P. cordata*). Ici les diaphragmes classiques, membranes fenêtrées tendues entre les parois des canaux intercellulaires, sont extraordinairement nombreux. Ils sont copieusement incrustés de longs cristaux qui les traversent obliquement. D'autre part des idioblastes, remplis d'un faisceau de raphides, sont répandus çà et là dans le tissu de la mince cloison, émergeant sur les deux faces. Comme dans le cas d'autres végétaux où les longues feuilles lancéolées sont soutenues par une charpente sclérenchymateuse, ces membranes incrustées de produits cristalloïdes permettent probablement aux feuilles de *Pontederia* de se maintenir dans leur attitude dressée, et de même des diaphragmes, raffermis par les idioblastes, doivent permettre aux Nymphéacées (racine, pétiole, pédoncule) de résister aux flexions et aux tractions auxquelles elles sont soumises par les mouvements de l'eau au sein de laquelle elles sont appelées à vivre. Il y a ici *collaboration* et il ne semble pas qu'il puissse s'agir de *remplacement* éventuel, ainsi que le suppose Haberlandt.

ANATOMIE GÉNÉRALE. — *Méthode de coloration élective du système nerveux chez quelques Invertébrés.* Note de M. **Marc Romieu**, présentée par M. Joubin.

Au cours de recherches sur l'histophysiologie du sang dans quelques familles d'Invertébrés dépourvus de pigment respiratoire, j'ai été amené à employer le réactif benzidine-eau oxygénée déjà utilisé par Madelung, Fischel, Fiessinger, Graham, Marcel Prenant, etc. Il m'a donné dans quelques familles d'Annélides, en particulier chez les Aphroditiens et chez les Phyllodociens, des figures si remarquables et si complètes du système nerveux que je crois devoir signaler la méthode, persuadé qu'elle est

appelée à rendre des services pour l'étude anatomique et embryologique de ces animaux [1].

Voici la technique que j'ai utilisée : Dans un tube contenant quelques centimètres cubes d'*eau distillée* (éviter d'employer l'eau de mer) acidifiée par des traces d'acide acétique, on ajoute une pincée de benzidine. On laisse en contact pendant une demi-heure, puis on filtre la solution. Ceci fait, après avoir soigneusement lavé à l'eau distillée l'animal qui doit être de petite taille pour faciliter l'observation, on le plonge dans le bain de benzidine où on le laisse une demi-heure à une heure. On ajoute ensuite au bain une petite goutte d'eau oyygénée à 12 volumes. On voit, au bout de quelques instants, apparaître une ligne bleue répondant à la chaîne nerveuse. On examine alors l'animal entre lame et lamelle à un faible grossissement dans une goutte du mélange benzidine-eau oxygénée. On voit se dessiner en quelques minutes l'ensemble du système nerveux avec tous ses ganglions, ses nerfs même les plus ténus; les organes des sens eux-mêmes se trouvent colorés. On obtient ainsi très aisément de fort belles figures, permettant d'observer et de dessiner à loisir les moindres détails du système nerveux.

Si l'on a eu soin d'éliminer les particules étrangères qui recouvrent l'animal, on constate une électivité à peu près parfaite de la coloration pour le tissu nerveux et la coloration est très intense. La seule exception chez les Phyllodociens est la partie médullaire des soies qui se colore dans certains cas. J'ai pu, grâce à cette méthode, vérifier sur de jeunes *Phyllodoce* et *Eulalia* l'exactitude de la description donnée par M. Gravier pour le système nerveux de ces animaux [2]. Même alors que la trompe n'est pas évaginée, on voit fort bien les six nerfs stomatogastriques, la couronne nerveuse et les nerfs des papilles de la trompe. La nature nerveuse de ces papilles se trouve confirmée.

Chez les Aphroditiens, j'ai expérimenté sur de petits individus de *Lepidonotus* (Polynoë) *squamatus* L. Le système nerveux dans son entier est très bien mis en évidence. Au niveau des élytres la benzidine colore un réseau autour des scabrilles, particulièrement auprès du bord libre au point où M. Jourdan a décrit les papilles nerveuses [3]. J'ai vu de même se colorer les franges du bord libre des élytres que beaucoup d'auteurs consi-

---

[1] Les observations qui font l'objet de la présente Note ont été faites au Laboratoire maritime de Wimereux (Pas-de-Calais) dont le directeur, M. le professeur Caullery, m'a accueilli avec une bienveillance dont je le remercie.

[2] C. Gravier, *Recherches sur les Phyllodociens* (*Bull. Scient. France et Belgique*, t. 29, 1897).

[3] E. Jourdan, *Structure des élytres de quelques Polynoés* (*Zool. Anzeiger*, n° 189, 1885).

dèrent avec M. Darboux comme de nature ornementale et qui sont peut-être des organes sensitifs au même titre que les papilles de Jourdan.

Les seules exceptions à l'électivité absolue de la méthode chez les Aphroditiens, c'est la coloration de la partie médullaire des acicules et celle des grains prémélaniques dans les cellules épidermiques des élytres qui se produit quelquefois, celle des soies qui se produit souvent.

La réaction peroxydasique m'a paru être donnée par le tissu d'enveloppe du système nerveux ou tissu névroglique.

Dans les ganglions des Phyllodociens où les cellules nerveuses occupent la région corticale, c'est surtout le centre qui est coloré vivement en bleu violacé, les connectifs et les nerfs étant d'un bleu plus franc et moins foncé. A un fort grossissement, je me suis rendu compte que les fibres nerveuses elles-mêmes sont colorées. Quant aux cellules, elles ne le sont que faiblement.

La réaction est-elle en relation avec la présence de l'hémoglobine dans le tissu conjonctif enveloppant le système nerveux? Il est difficile de l'affirmer. On sait cependant que Ray-Lankester a constaté la présence de ce pigment dans la chaîne nerveuse de l'*Aphrodite aculeata* L. et que Hubrecht a fait la même constatation chez certains Némertiens. Or, si chez beaucoup de Phyllodociens et d'Aphroditiens aucune coloration visible ne trahit l'existence d'un tel pigment, nombre d'espèces de grande taille ont une chaîne nerveuse colorée en rouge. On sait d'autre part que l'hémoglobine fonctionne comme une peroxydase en présence du mélange benzidine-eau oxygénée. Il y a donc des raisons de supposer que c'est plutôt à la présence de l'hémoglobine dans le système nerveux qu'à celle d'une oxydase vraie qu'est due la réaction d'oxydation en bleu de la benzidine.

Antérieurement à mes observations, Marcel Prenant [1] au cours de recherches d'ensemble sur les peroxydases avait signalé dans le genre *Polynoë* une réaction positive avec la benzidine sur des granulations contenues dans les cellules du ganglion nerveux situé à la base du cirre dorsal, mais il ne parle point de la coloration élective de la totalité du système nerveux.

La méthode que j'ai décrite ci-dessus a l'avantage d'une grande facilité d'exécution. Je l'ai répétée à bien des reprises sans aucun échec. On n'en peut dire de même pour la méthode d'Ehrlich qui, spécialement chez les

---

(1) Marcel Prenant, *Sur la répartition d'une peroxydase chez les Invertébrés* (*Bull. de la Soc. Zool. de France*, t. 46, 1921, p. 148-151).

animaux marins, est de réussite difficile et incertaine. De plus la méthode à la benzidine peut être employée même sur des animaux assez volumineux, beaucoup trop gros pour être observés par transparence.

Les résultats sont aussi bons lorsqu'on opère après fixation alcoolique que sans aucune fixation. La coloration se conserve deux ou trois heures, puis elle brunit et s'efface. Le seul moyen de la conserver est de laisser dessècher l'animal, mais on voit tout ce que ce procédé peut avoir de défectueux. Il permet cependant encore une démonstration.

Je crois, en somme, que la méthode que je viens de signaler, d'exécution facile et de réussite constante, peut rendre des services pour l'étude anatomique du système nerveux dans quelques familles d'Invertébrés dépourvus de sang coloré comme les Aphroditiens et les Phyllodociens chez lesquels je l'ai employée.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Sur la présence du cobalt et du nickel chez les végétaux.* Note de MM. **Gabriel Bertrand** et **M. Mokragnatz**, présentée par M. Roux.

Nous avons approfondi l'étude de la méthode qui nous a permis de découvrir et de doser le cobalt et le nickel dans la terre arable [1] et, grâce à quelques modifications, il nous est possible de déterminer aujourd'hui, d'une manière quantitative, non seulement ces deux métaux, mais encore le cuivre et le zinc qui se rencontrent avec eux, en opérant, par exemple, sur un échantillon de terre dont le poids n'excède pas une cinquantaine de grammes.

Nous n'avons pu aborder alors l'examen d'un certain nombre de questions d'intérêt géologique, agricole ou biologique et, notamment, celle de l'existence du cobalt et du nickel chez les êtres vivants. Nous avions l'intention d'attendre la publication détaillée de la méthode [2] pour présenter à l'Académie certains des résultats déjà obtenus, mais la Note de M. W.-J. Vernadsky, parue tout récemment dans les *Comptes rendus* [3], nous engage à communiquer dès maintenant la partie de nos recherches relatives à la présence du cobalt et du nickel chez les végétaux.

---

(1) *Comptes rendus*, t. 175, 1922, p. 113.

(2) Dans le *Bull. de la Soc. chim. de France.*

(3) *Comptes rendus*, t. 175, 1922, p 382.

Peu de chose était connu de cette question lorsque nous l'avons abordée. Un pharmacien de Chambon, Legrip, avait indiqué en 1841, à la Société de Chimie médicale, que l'on trouve de l'oxyde de cobalt « dans les produits de combustion » de *Lathyrus odoratus*. Une discussion s'était élevée à la séance sur ce résultat et il fut convenu que des recherches seraient faites pour connaître si l'assertion était fondée; mais rien n'a été publié dans la suite que ce bref procès-verbal ([1]).

En 1855, un chimiste danois, Forchhammer, ayant recherché les métaux lourds dans les cendres de quelques plantes, a caractérisé du cobalt par la perle de phosphore dans celles du bois de chêne et admis, comme vraisemblable, l'existence du nickel dans les mêmes cendres. Il n'a signalé le cobalt ou le nickel ni dans d'autres bois (pin, bouleau), ni dans aucune des plantes marines (*Zostera marina*, *Fucus vesiculosus*, *Padina pavonia*) qu'il a examinées en même temps ([2]).

Beaucoup plus récemment, en 1903, H. Smith, étudiant la composition chimique de quatre échantillons de bois de *Orites excelsa* R. Br. (Protéacées), provenant de localités différentes de la Nouvelle-Galles du Sud, a trouvé dans les cendres de celui de Mullimbimby du cobalt avec 3 pour 100 de manganèse, en sorte qu'il est probable, ajoute-t-il, que du manganèse cobaltifère existe dans la localité. Il a examiné en même temps le bois de trois autres espèces de la même famille, mais n'y a pas signalé la présence du cobalt ([3]).

Enfin, en 1919, Cornec a obtenu, à l'aide de la méthode spectroscopique d'Urbain, en partant de 3^{kg} de cendres de Laminaires, les raies d'un très grand nombre de métalloïdes et de métaux, parmi lesquelles figurent celles du cobalt et du nickel ([4]).

Même en éliminant la supposition de causes d'erreurs analytiques dans les observations qui viennent d'être rapportées, on voit que le cobalt et surtout le nickel n'avaient été signalés chez les végétaux que dans un très petit nombre de cas, seulement à l'état de traces indosables, et pas dans toutes les espèces, ni même dans tous les échantillons d'une même espèce, qui avaient été examinés. Il était donc intéressant de reprendre l'étude de cette question à l'aide de notre méthode.

Nous avons analysé jusqu'ici les cendres de vingt échantillons tirés d'espèces végétales diverses, en choisissant de préférence les parties utilisées en alimentation. De cette manière, nous comptions recueillir à la fois des données d'intérêt théorique et des données susceptibles d'applications plus

---

([1]) *Journ. de Chimie médicale*, 2e série, t. 7, 1841, p. 120.

([2]) *Ann. der Phys. und Chem.*, 4e série, t. 50, 1855, p. 60, et *Oversigt over d. kgl. danske Vid. Selsk.*, 1885, p. 389. Toutefois, dix ans plus tard, dans un long Mémoire sur la composition de l'eau des océans, Forchhammer dit avoir découvert le cobalt dans les cendres de *Zostera marina* (*Philos. Trans. R. Soc.*, t. 155, 1865, p. 203).

([3]) *Chem. News*, t. 88, 1903, p. 135.

([4]) *Comptes rendus*, t. 168, 1919, p. 513.

directes que celles provenant de parties végétales quelconques. Voici la liste des échantillons que nous avons analysés :

Phanérogames : carotte (racine), oignon (bulbe), pomme de terre (tubercule), épinard (feuille), laitue (feuille), cresson (tige feuillée), tomate (fruit), abricotier (péricarpe charnu), haricot (jeune gousse entière, graine mûre), lentille (graine), sarrasin (graine), froment (graine, son), avoine (graine), maïs (graine), riz (graine décortiquée et polie).

Cryptogames : chanterelle (champignon entier).

Les expériences ont porté sur 1^{kg} de substance dans le cas des graines et sur 2^{kg} dans celui des feuilles et des organes parenchymateux. Après une première séparation en bloc avec la chaux et l'ammoniaque, nous avons isolé finalement le cobalt à l'état de cobaltonitrite de potassium et le nickel sous la forme, non moins caractéristique, de combinaison avec la diméthylglyoxime.

Le résultat de ces expériences a été positif pour le nickel avec *toutes* les plantes et n'a échoué pour le cobalt qu'avec l'avoine et la carotte. Il est probable que si nous avions traité une plus grande quantité de ces dernières plantes nous aurions trouvé le poids minimum de $0^{mg},005$ de métal nécessaire pour produire les cristaux de cobaltonitrite. Du moins avons-nous déjà obtenu avec la carotte la réaction colorée du cobalt à l'aide de la diméthylglyoxime et du sulfure d'ammonium.

Les proportions de cobalt et de nickel contenues dans les végétaux sont très petites. Rapportées au kilogramme de substance fraîche, nous les avons trouvées comprises, en effet : pour le cobalt, entre moins de $\frac{1}{200}$ de milligramme et $0^{mg},3$ (sarrasin) ; pour le nickel, entre $0^{mg},01$ (tomate) et 2^{mg} (pois).

Il reste à savoir si la présence de ces métaux dans l'organisme végétal est seulement passive ou bien si elle correspond à un besoin physiologique.

La séance est levée à 16 heures.

A. Lx.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 18 SEPTEMBRE 1922.

PRÉSIDENCE DE M. ÉMILE ROUX.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

ENTOMOLOGIE. — *Sur le développement de quelques coaptations des Insectes.* Note [1] de MM. **L. Cuénot** et **Raymond Poisson**.

On peut définir les coaptations comme des dispositifs mécaniques formés par l'ajustement réciproque de deux parties indépendantes; dans les œuvres humaines, une lame de couteau qui se rabat dans la rainure du manche, un bouton et sa boutonnière, une clé et une serrure, sont de bons exemples de coaptations. Les animaux, et en particulier les Insectes, offrent de très nombreux exemples de coaptations, souvent d'une rare perfection mécanique. Avant de se demander par quel processus elles ont pu apparaître chez les espèces, il est indispensable d'être renseigné sur leur développement ontogénique qui est peu ou point connu.

1° Hémiptères aquatiques (Nèpe, Ranatre, Bélostome, Notonecte, Naucore). — Chez tous ces Insectes, les hémélytres sont très solidement attachés au mésothorax par un dispositif réalisant le bouton-pression connu dans l'industrie humaine (*fig.* 1) : l'épimérite porte un bouton saillant (*b*) qui se loge à frottement dur dans une cavité (*l*) de la base de l'hémélytre; l'adhérence des deux parties est encore assurée par un pavage d'écailles chitineuses qui s'engrènent. Il faut faire un petit effort, déterminant un déclic caractéristique, pour dégrafer l'hémélytre, comme le bouton-pression d'un gant, tant la fermeture est exacte. Cette coaptation est certainement une adaptation à la vie aquatique, car tous les Hémiptères qui la possèdent vivent *dans* l'eau, y plongent, et l'on comprend, sans descendre

---

(1) Séance du 4 septembre 1922.

dans le détail, qu'il y a avantage à ce que les hémélytres restent adhérents au corps dans tous les mouvements.

Les *Corixidæ* ont à la même place un appareil un peu différent, mais

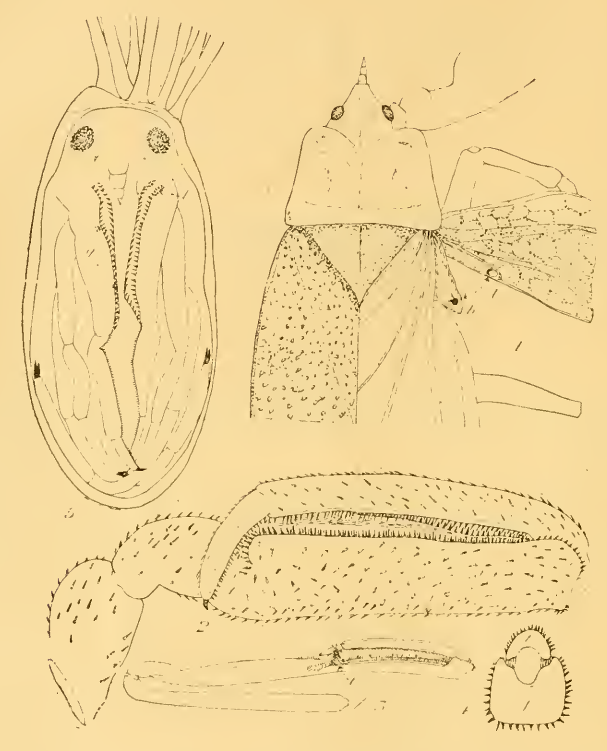


Fig. 1. — Imago de *Nepa cinerea* L., vu par la face dorsale. L'hémélytre droit est retourné sur lui-même pour montrer sa face inférieure. On distingue le logement (*l*) du bouton (*b*) fixé sur l'épimérite.

Fig. 2. — Jeune larve de *Nepa cinerea;* patte ravisseuse presque fermée montrant les bordures de poils fémoraux et tibiaux et le logement spécial pour le tarse.

Fig. 3. — *Ranatra linearis* L. adulte; patte ravisseuse presque fermée : *t*, taquet d'arrêt.

Fig. 4. — Coupe transversale d'une patte ravisseuse fermée de *Nepa*, montrant le fémur (*f*) et le tibia (*t*) coaptés par leurs brosses de poils.

Fig. 5. — Embryon de *Nepa cinerea*, en place dans l'œuf, vu par transparence au travers de la coque; *g*, gouttière fémorale bordée de poils; *l*, logement du tarse.

jouant le même rôle; il est constitué par une apophyse de l'épimérite (correspondant au bouton) venant s'accrocher avec une apophyse de l'hémélytre, sans qu'il y ait cavité coaptante (il est à noter que les *Corixidæ*, comme l'un de nous le montrera prochainement, tout en étant franchement aquatiques, ont des liens avec certains Hémiptères terrestres, notamment par la présence de glandes répugnatoires dans l'abdomen).

Développement. — Le bouton et son logement hémélytral sont propres à l'imago; ils apparaissent complètement formés avant la mue imaginale. Le point sur lequel il est nécessaire d'insister, c'est que les deux parties, dont la correspondance est si parfaite, se développent d'une façon tout à fait indépendante sans aucun contact ni voisinage possible. Le futur hémélytre est renfermé dans son fourreau alaire à épaisses parois ; au cours de la mue, l'hémélytre, plissé comme du papier de soie très froissé, s'étale, et la région correspondante à la boutonnière vient se placer exactement à la hauteur du bouton de l'épimérite, dégagé lui aussi de l'enveloppe larvaire.

2° Pattes ravisseuses (Nèpe, Ranatre, Naucore). — Les pattes prothoraciques de ces Insectes sont différenciées en pattes ravisseuses présentant, comme il est habituel pour ce type de pattes, une coaptation de fermeture analogue à celle d'un couteau pliant. Le tibia se couche au repos dans une rigole longitudinale du fémur, le tarse uniarticulé ayant un petit logement spécial sur l'un des côtés du fémur (*fig.* 2).

Chez la Ranatre en particulier, la rigole fémorale, au lieu d'occuper toute la longueur du segment comme chez la Nèpe, est restreinte à un peu moins de la moitié du fémur, longueur strictement égale à celle du tibio-tarse; de plus, une petite saillie fémorale, placée au bon endroit, semble guider le tarse lors du reploiement, comme une sorte de taquet d'arrêt (*fig.* 3, *t*). Chez les Nèpes et les Ranatres, les deux parties coaptantes sont maintenues en place, non par une contraction musculaire, mais par un procédé tout à fait curieux : les bords de la rigole fémorale, de même que les bords du segment tibial, sont recouverts de poils raides, particulièrement serrés chez la Ranatre, qui lors du reploiement s'interpénètrent et réalisent l'adhérence, exactement comme deux brosses que l'on fixe l'une à l'autre, poils contre poils (*fig.* 4).

Développement. — Nous avons examiné des embryons de Ranatres, Nèpes et Naucores, encore renfermés dans l'œuf, un peu avant l'éclosion. Les pattes, et en particulier les prothoraciques qui seront plus tard les ravisseuses, sont allongées de toute leur longueur sur la face ventrale, de sorte que, comme le montre clairement la figure 5, il ne peut y avoir aucun contact, aucun moulage réciproque entre le fémur et le tibio-tarse qui seront plus tard coaptés. Les gouttières et leurs bordures de poils sont nettement dessinées (*g*); le petit logement spécial pour le tarse (*l*) est très reconnaissable. Dès la sortie de l'œuf, la jeune larve, après le rejet d'une membrane embryonnaire, a ses pattes ravisseuses prêtes à fonctionner, et la coaptation est parfaite dès le début.

En résumé, chez les formes que nous avons examinées et chez beaucoup d'autres étudiées par l'un de nous (fémurs antérieurs et tête des Phasmes, boutons-pression des Céphalopodes décapodes, appareils d'accrochage des ailes), les arrangements coaptatifs sont préparés avec tous leurs détails chez l'embryon ou la larve, sans aucune réaction mécanique réciproque des régions qui seront plus tard en rapport. Le dispositif préparé, transmis héréditairement, est prêt à jouer son rôle dès la naissance de la larve ou de l'imago.

L'intérêt de ces petits appareils, c'est leur perfection mécanique qui est indéniable et qui comporte comme un luxe de détails structuraux; il semble d'autre part que cette perfection même est disproportionnée à leur utilité, qui ne paraît pas d'importance capitale pour l'animal. On ne comprend pas qu'une sélection darwinienne de petites variations graduées soit intervenue dans leur genèse, pas plus que des mutations de hasard réalisant d'un coup des dispositifs aussi complexes. Reconnaissons que l'origine des coaptations est un problème jusqu'ici non résolu.

CORRESPONDANCE.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale :

1° Une brochure intitulée : *Écoles et Instituts de fermentation et de brasserie et Associations d'anciens étudiants de Gand, Louvain, Nancy et Paris.* Hommage à la mémoire de Louis Pasteur (1822-1895).

2° Un *Mémoire* inédit de M. A.-L. Herrera *sur l'imitation des cellules avec les fluorures et les silicates.*

Arithmétique. — *Sur l'arithnomie des quaternions.* Note (¹) de M. L.-G. Du Pasquier, transmise par M. Hadamard.

L'arithnomie d'un corps de nombres dépend essentiellement de ce qu'on entend par nombre complexe entier, car ce n'est qu'après avoir posé la définition du complexe *entier* qu'on peut parler de divisibilité. Étant donné un quaternion

$$a = a_0 + a_1 i_1 + a_2 i_2 + a_3 i_3$$

(¹) Séance du 11 septembre 1922.

dont les quatre coordonnées a_λ sont des nombres réels quelconques, le plus naturel semble à première vue d'appeler *entier* un quaternion dont toutes les coordonnées sont des nombres entiers ordinaires. C'est la définition lipschitzienne. On sait qu'elle aboutit à une arithnomie irrégulière, c'est-à-dire où les théorèmes généraux analogues à ceux de la théorie des nombres classique présentent de curieuses exceptions et des anomalies déconcertantes. Hurwitz, au contraire, arrive à une arithnomie régulière, d'une simplicité analogue à celle de l'arithmétique classique, en définissant comme suit : un quaternion est dit *entier* s'il est de la forme

$$\frac{n_0}{2} + \left(n_2 + \frac{n_0}{2}\right) i_1 + \left(n_2 + \frac{n_0}{2}\right) i_2 + \left(n_3 + \frac{n_0}{2}\right) i_3,$$

où les quatre n_λ sont des nombres entiers ordinaires d'ailleurs quelconques. Hurwitz a basé sa définition sur le théorème suivant :

Dans le corps $\{R\}$ *des quaternions à coordonnées rationnelles, le plus grand domaine d'intégrité contenant les unités* 1, i_1, i_2, i_3, *a la base*

$$i_1, \qquad i_2, \qquad i_3, \qquad \rho = \frac{1}{2}(1 + i_1, + i_2 + i_3).$$

Dans son dernier livre ([1]), Hurwitz a donné une démonstration de ce théorème énoncé déjà en 1896. Or, ce théorème hurwitzien est un cas particulier du théorème plus général que voici :

Dans le corps $\{R\}$ *des quaternions à coordonnées rationnelles, le domaine holoïde le plus général contenant le nombre* 1 *est formé à l'aide de quatre quaternions linéairement indépendants à la base* ([2])

$$t_1 \equiv 1,$$
$$t_2 \equiv a i_1,$$
$$t_3 \equiv \frac{h}{a} i_1 + \frac{m}{a} i_2,$$
$$t_4 \equiv \frac{c}{2} + \frac{p}{2a} i_1 + \frac{gm}{ab} i_2 + \frac{m}{b} i_3.$$

On a posé, pour abréger,

$$h \equiv bc_1 + gc_2 - \frac{bc}{2},$$
$$p \equiv 2c_2 \frac{a^2 + g^2}{b} + g(2c_1 - c),$$

([1]) *Vorlesungen über die Zahlentheorie der Quaternionen*, 1919.

([2]) Le signe $\equiv$ (doublement égal) signifie *égal par définition*.

où c, c_1, c_2, g, $a \neq 0$, $b \neq 0$ et $m \neq 0$ sont des nombres entiers soumis aux trois conditions

$$bc \equiv 0 \pmod 2, \qquad a^2 + g^2 \equiv 0 \pmod b,$$
$$h^2 + m^2 + a^2 c_2^2 \equiv 0 \pmod{a^2 b}.$$

On vérifie que ces conditions soient vérifiées, si l'on prend

$$a = c = c_2 = g = m = 1, \qquad c_1 = 0, \qquad b = 2.$$

Il vient alors $h = 0$, $p = 1$, et l'on a bien le théorème hurwitzien susmentionné.

La recherche du domaine holoïde maximal dans le cas général conduit au système d'équations simultanées

$$(x_1 x_3 - x_0 x_2)\gamma_1 + (x_2 x_3 + x_0 x_1)\gamma_2 - (x_1^2 + x_2^2)\gamma_3 = \frac{1}{2} b_3 y,$$

$$(x_2 x_1 - x_0 x_3)\gamma_2 + (x_3 x_1 + x_0 x_2)\gamma_3 - (x_2^2 + x_3^2)\gamma_1 = \frac{1}{2} b_1 y,$$

$$(x_3 x_2 - x_0 x_1)\gamma_3 + (x_1 x_2 + x_0 x_3)\gamma_1 - (x_3^2 + x_1^2)\gamma_2 = \frac{1}{2} b_2 y,$$

où l'on a posé, pour abréger,

$$y \equiv x_0^2 + x_1^2 + x_2^2 + x_3^2,$$

$$b_3 \equiv \frac{1}{2} k_0 + k_3 - \gamma_3, \qquad b_1 \equiv \frac{1}{2} k_0 + k_1 - \gamma_1, \qquad b_2 \equiv \frac{1}{2} k_0 + k_2 - \gamma_2.$$

Les inconnues sont x_λ et k_λ. Les γ_1, γ_2, γ_3 sont des nombres rationnels donnés, satisfaisant d'ailleurs à certaines relations. Les quatre k_λ doivent être entiers, tandis que les quatre x_λ peuvent être réels quelconques.

Comme ce système d'équations admet plus d'une solution, il s'ensuit que le corps $\{R\}$ possède plus d'un domaine holoïde maximal. Contrairement à ce que l'on croyait jusqu'ici, *il existe, dans le corps des quaternions rationnels, une infinité de domaines holoïdes maximaux.* On peut tirer de ce fait des conséquences importantes pour l'arithnomie des quaternions et la théorie des nombres complexes généraux.

OPTIQUE APPLIQUÉE. — *De la probabilité d'éclairer un avion à l'aide d'un faisceau de projecteur électrique.* Note (¹) de M. **Jean Rey**, transmise par M. André Blondel.

L'étude de la probabilité qu'un observateur muni d'un projecteur dont le faisceau est défini, a d'atteindre un avion donné dont la course est définie

(¹) Séance du 11 septembre 1922.

elle-même, mais inconnue à l'avance, présente diverses particularités qu'il me paraît utile de faire connaître.

Théorie de première approximation. — Une théorie approximative où l'on néglige la vitesse de déplacement du faisceau dans l'espace permet d'obtenir rapidement des formules facilement calculables.

Soit un avion dont le contour approximatif peut être assimilé à une circonférence de rayon ρ et, d'autre part, un projecteur dont le faisceau conique a comme angle solide 2φ. Soit R la distance de l'avion au projecteur que je suppose pouvoir apparaître en un point quelconque de la sphère céleste.

La probabilité que le contour représenté par le cercle de rayon ρ représentant l'avion et jeté au hasard dans le ciel rencontrera la section droite du faisceau lui-même dirigé au hasard, c'est-à-dire un cercle de rayon $r = \mathrm{R}\sin\varphi$, est un cas de probabilité des surfaces. Cette probabilité instantanée, où je néglige l'influence de la durée et que je représente par p_i, a comme expression

$$(1) \qquad p_i = \frac{\pi(r+\rho)^2}{\mathrm{S}},$$

S étant la demi-sphère céleste.

On voit, en effet, que si le cercle pris comme contour de l'avion était réduit à son centre, il faudrait que ce point tombât sur la circonférence de la section circulaire éclairée par le faisceau. Cette condition permet d'obtenir facilement la formule (1).

La surface S n'étant autre que $2\pi\mathrm{R}^2$, on en déduit

$$(2) \qquad p_i = \frac{\pi(\mathrm{R}\sin\varphi+\rho)}{2\pi\mathrm{R}^2} = \frac{\sin^2\varphi}{2} + \left(\frac{\rho}{\mathrm{R}}\right)^2 \times \frac{1}{2} + \frac{\rho\sin\varphi}{\mathrm{R}}.$$

La probabilité instantanée croît à mesure que la distance R, de l'avion au projecteur, diminue, mais dans une proportion plus faible.

A titre d'exemple, supposons un faisceau dont l'angle $2\varphi = 2^\circ$ et dont la limite de portée pour l'avion considéré soit de 10^{km}. Je suppose que l'avion corresponde à un contour circulaire de diamètre $2\rho = 12^{\mathrm{M}}$. L'unité de longueur étant le kilomètre, p_i a comme valeur $= 0{,}0001638 = \frac{163{,}8}{10^6}$. A la portée de 10^{km}, si le faisceau est lancé brusquement vers le ciel, on pourra parier 6100 contre 1 que l'avion ne sera pas éclairé. A 1^{km} de distance, la valeur de $p_i = 0{,}0002761 = \frac{276{,}1}{10^6}$. La probabilité sera donc de 3600 contre 1, soit 1,69 fois plus forte pour une portée 10 fois plus faible.

Prenons maintenant un second faisceau dont l'angle solide $2\varphi = 1^\circ$ est

moitié du premier. La probabilité à 10^{km} sera de 0,0000437 ou $\frac{43,7}{10^6}$ ou 22900 contre 1. A 1^{km}, elle est de 0,0001088 ou $\frac{108,8}{10^6}$ ou 9200 contre 1. On voit que le faisceau large donne une probabilité 3,77 fois plus grande à 10^{km} que le faisceau mince, et 2,54 fois à 1^{km}.

Influence de la durée d'éclairage. — La probabilité d'atteindre l'avion est d'ailleurs proportionnelle à la durée pendant laquelle il pourra être éclairé. En appelant A un coefficient constant, on pourra toujours écrire $dp = p_i \times A\,dt$.

Je suppose, pour simplifier le problème, que l'avion, dans sa course, se rapproche en ligne droite du projecteur avec une vitesse uniforme V et jusqu'à une distance minima R_0. D'après les notations précédentes,

$$(3) \qquad V = \frac{dR}{dt}, \qquad dt = \frac{dR}{V}, \qquad \text{d'où} \qquad dp = A p_i \frac{dR}{V} = \frac{A}{V} p_i\,dR.$$

La valeur de la probabilité p, en tenant compte de la durée, sera l'intégrale de (3) entre les limites extrêmes de la distance, R portée maxima et R_0. On aura ainsi

$$(4) \qquad (p)\frac{R}{R_0} = \frac{A}{V}\int_{R_0}^{R} p_i\,dR = \frac{A}{V}\left\{\frac{\sin^2\varphi}{2}(R - R_0) + \frac{\rho^2}{2}\left(\frac{1}{R_0} - \frac{1}{R}\right) + \rho\sin\varphi\,\mathcal{L}\left(\frac{R}{R_0}\right)\right\}.$$

Comparaison de deux faisceaux dont l'angle solide est différent ainsi que la puissance lumineuse. — J'ai indiqué ailleurs [1] comment on calcule l'éclairement d'un objet donné par un faisceau de projecteur, à une distance l pour un diamètre δ du cratère du charbon positif et une distance focale f du réflecteur. On a ainsi

$$(5) \qquad \varepsilon_l = 1,273\,\Phi\frac{f^2}{\rho^2\delta^2},$$

Φ est le flux lumineux total dont j'ai donné la définition $|\delta = 2f\sin\varphi|$, φ étant le demi-angle du faisceau.

Je suppose que l'on emploie successivement deux arcs différents dans le même projecteur, correspondant au même flux total Φ, mais dont les angles du faisceau sont $2\varphi_1$ et 2φ. J'appelle R_1 et R les portées limites de ces deux faisceaux éclairant le même avion, et a le coefficient de transparence de l'air, c'est-à-dire la proportion de lumière que laisse passer l'unité de longueur,

---

(1) *De la portée des projecteurs de lumière électrique* (Paris, 1916, Berger-Levrault, éditeur, p. 28, 66 et suivantes).

ici le kilomètre. En posant $1,273\Phi = M$, la formule précédente donne

$$\varepsilon_{R_1} = \frac{M f^2}{(R_1)^2 \times 4 f^2 \sin^2 \varphi_1} = \frac{M}{(R_1)^2 \times 4 \sin^2 \varphi_1} \quad \text{et} \quad \varepsilon_R = \frac{M}{R^2 \times 4 \sin^2 \varphi}.$$

L'éclairement perçu par l'œil de l'observateur est égal aux valeurs précédentes réduites par l'absorption atmosphérique et par un coefficient de diffusion identique pour le même objet. En appelant ε_0 cet éclairement

$$(6) \qquad \varepsilon_0 = \varepsilon_{R_1} \times a^{2R_1} \quad \text{(voir le Mémoire cité).}$$

Cette valeur est égale à celle du deuxième faisceau pour sa limite de portée; d'où $\varepsilon_0 = \varepsilon_{R_1} \times a^{2R_1} = \varepsilon_R \times a^{2R}$ et $R^2 \sin^2 \varphi \times a^{2R_1} = R_1^2 \sin^2 \varphi_1 \times a^{2R}$; d'où enfin

$$(7) \qquad R \sin \varphi = R_1 \sin \varphi_1 \frac{a^R}{a^{R_1}}.$$

Connaissant R_1, φ et φ_1 ainsi que a, cette expression fournit R.

Pour l'atmosphère supposée d'une transparence parfaite, cas théorique, $a = 1$. Si R_1 est la portée du premier faisceau pour $a = 1$, elle sera réduite, pour $a < 1$, à $R'_1 = R_1 \times a^{R_1}$, expression facile à déduire des formules (5) et (6) et calculable par un développement en série.

CHIMIE MINÉRALE. — *Sur les réactions entre les oxydes gazeux de l'azote et les solutions alcalines.* Note [1] de M. A. SANFOURCHE, présentée par M. H. Le Chatelier.

Lorsque l'on fait absorber des vapeurs nitreuses par une lessive alcaline, ce n'est qu'exceptionnellement que l'on retrouve dans la solution les combinaisons nitrées au même état d'oxydation que dans la phase gazeuse préalable. Aussi des divergences se sont parfois élevées entre les auteurs, dont certains utilisaient ce mode opératoire comme méthode d'analyse, tandis que d'autres dosaient les oxydes supérieurs de l'azote après les avoir captés dans l'acide sulfurique concentré.

Nous avons déjà signalé [2] que l'absorption par l'acide sulfurique donne les résultats les plus exacts, à condition d'observer quelques précautions faute desquelles on trouverait un état d'oxydation trop peu avancé. Au contraire, l'absorption par la soude élève presque toujours anormalement la proportion de nitrate.

---

(1) Séance du 11 septembre 1922.

(2) *Bull. Soc. chim.*, t. 25, 1919, p. 638.

L'explication qu'a donnée Raschig de ce fait, basée sur des expériences effectuées avec N^2O^4 liquide, est insuffisante dans le cas des oxydes d'azote gazeux. Celle de Lunge, admettant que le nitrite alcalin à l'état naissant peut s'oxyder pour donner du nitrate, s'appuie sur une hypothèse paraissant n'avoir d'autre fondement que le fait même qu'il s'agit d'expliquer. Enfin, l'une et l'autre ne pourraient être valables que si les vapeurs nitreuses étaient en présence d'un excès d'oxygène. Or, nous avons constaté que, même en l'absence d'oxygène, l'absorption par la lessive de soude fait apparaître un excès de nitrate au détriment du nitrite. Deux séries d'expériences, dont le détail sera exposé dans un autre Recueil, le montrent nettement :

A. On fait des mélanges en proportions calculées de NO et d'oxygène, de manière à correspondre après combinaison aux oxydes N^2O^3 ou N^2O^4, puis on introduit un excès de soude titrée, qui est analysée après absorption complète.

1° 275^{cm^3} NO à 97 pour 100 de pureté sont additionnés de 69^{cm^3} O à 98 pour 100 ($P = 755^{mm}$, $t = 20°7$), ce qui correspond à N^2O^3, c'est-à-dire en réalité constitue un mélange de NO, N^2O^4, N^2O^3 réagissant comme N^2O^3 (¹) et qui par l'action des alcalis devrait donner uniquement du nitrite. Après une heure, l'absorption a lieu en introduisant 20^{cm^3} NaOH normale; il se fait quelques brouillards dans le ballon, et une légère rosée se dépose sur les parois. Quand la décoloration de l'atmosphère du récipient est complète, après cinq minutes, on juge l'action terminée. Or, on constate qu'il s'est reformé NO dans la phase gazeuse. La soude est analysée; elle a absorbé :

NO sous forme de nitrite $= 0^g,1943$,
NO sous forme de nitrate $= 0^g,0486$,

alors qu'on devait s'attendre à n'obtenir que du nitrite à l'exclusion du nitrate.

2° On pourrait objecter que, N^2O^3 étant en grande partie dissocié en $NO + NO^2$, d'après les recherches de Lunge, Bodenstein, Wourtzel, etc., NO^2 seul exerce un effet sur l'alcali, et que c'est NO provenant de la dissociation dont on constate la présence; et de plus, que si l'on ne trouve pas des quantités équimoléculaires de nitrite et de nitrate, c'est que celui-ci a été partiellement réduit par NO. Aussi, nous avons refait l'expérience avec N^2O^4 : 275^{cm^3} NO, plus 138^{cm^3} O ($P = 753^{mm}$, $t = 21°$). Au bout de

(¹) *Sur l'absorption des oxydes d'azote par les acides nitrique et sulfurique* (*Comptes rendus*, t. 172, 1921, p. 1573).

deux heures, on ajoute 20^{cm^3} NaOH normale. Mêmes phénomènes que ci-dessus, brouillard et dépôt de rosée qui finit par ruisseler sur les parois, et dont on a vérifié ensuite l'acidité. Après cinq minutes, l'atmosphère étant décolorée, donc l'absorption complète, on constate la présence de NO qui, dans ce cas, ne pouvait préexister. L'analyse de la solution donne :

NO sous forme de nitrite $= 0^g,1475$,
NO sous forme de nitrate $= 0^g,1528$.

Il y a excès de nitrate, tandis que l'on devait s'attendre à trouver molécules égales de nitrite et de nitrate.

On a constaté également la formation de brouillard et le dépôt de rosée.

3° Essai semblable, en employant seulement 12^{cm^3} NaOH normale. La quantité théorique étant $11^{cm^3},2$, l'excès en est très faible. Tout se passe comme précédemment : l'atmosphère est décolorée après 5 minutes d'action de l'alcali, cependant il s'est reformé du NO. Trouvé :

NO sous forme de nitrite $= 0^g,1463$,
NO sous forme de nitrate $= 0^g,1661$.

L'excès de nitrate est plus élevé que dans les expériences précédentes.

B. Pour contrôler directement la composition des gaz, on les fait absorber, d'une part par SO^4H^2 concentré, d'autre part par la lessive de soude.

Après avoir mélangé NO + O dans les proportions voulues et attendu le temps nécessaire, on déplace les vapeurs nitreuses formées par un courant d'azote sec, et, au moyen d'un tube en T, on les envoie partie dans un système de deux cloez à SO^4H^2 66° B., partie dans un système de deux cloez suivis d'un tube de Liebig à cinq boules, entre lesquels sont répartis 25^{cm^3} Na OH normale.

Avec le système alcalin, il se fait toujours dans l'atmosphère des absorbeurs un brouillard de NO^3H vésiculaire très difficile à retenir, et qui parfois s'échappe du dernier tube à boules. Les résultats numériques sont rassemblés dans le Tableau suivant :

	Analyse par SO^4H^2. NO (%) à l'état		Par lessive de soude. NO (%) à l'état	
Proportion des gaz réagissants.	nitreux.	nitrique.	nitreux.	nitrique.
Environ 2NO + O	94,94	5,06	93,03	6,97
Entre 2NO + O et 2NO + O^2.	77,39	22,61	66,27	33,73
Environ 2NO + O^2	55,50	44,50	52,34	47,66
Excès O	50,0	50,0	45,35	54,65

L'absorption par la lessive de soude fait apparaître constamment un état d'oxydation plus avancé que l'absorption par l'acide sulfurique.

Conclusions. — L'action des vapeurs nitreuses sur les lessives alcalines ne s'exerce suivant le mode généralement admis que si l'alcali est constamment et en chaque point en excès. S'il se trouve quelque part en déficit, c'est l'eau de la solution qui agit pour donner NO^3H et NO.

Tandis que NO^3H vient augmenter la proportion de nitrate, NO se réoxyde si l'atmosphère contient de l'oxygène, demeure inaltéré dans le cas contraire.

De plus, si tous les oxydes de l'azote ne sont pas absorbés durant leur premier trajet à travers la solution, la réaction ci-dessus se passe en phase gazeuse grâce à leur vapeur d'eau qui la surmonte. On en a la preuve visible par la formation du brouillard de NO^3H et le dépôt sur les parois de rosée acide, malgré la présence dans le fond de lessive alcaline en excès. Le dosage en est faussé, car cet acide vésiculaire est très difficile à retenir.

Il est donc préférable de substituer l'acide sulfurique aux lessives alcalines pour l'analyse des oxydes gazeux de l'azote.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur la vitesse d'absorption de l'acide carbonique par les solutions ammoniacales.* Note [1] de M. **Paul Riou**, transmise par M. H. Le Chatelier.

Dans la fabrication de la soude par le procédé dit *à l'ammoniaque*, la saumure ammoniacale contient, par suite, des équilibres qui se produisent entre les sels en présence, des carbonates neutres de sodium et d'ammonium, des chlorures de sodium et d'ammonium et des bicarbonates de sodium et d'ammonium. J'ai étudié dans ce travail l'influence de la concentration en carbonate et en bicarbonate et celle de la température sur la vitesse d'absorption de l'acide carbonique en l'absence de sels de sodium.

Le bicarbonate d'ammonium, obtenu en faisant passer sur le sel du commerce un courant de gaz carbonique pendant 24 heures, est un corps bien défini. On peut partir de ce bicarbonate pour préparer les solutions de carbonate neutre. Dans une solution titrée d'ammoniaque, on dissout un poids calculé de bicarbonate pur et sec.

Les concentrations sont exprimées en centièmes de molécule-gramme dans 100^g d'eau. Les vitesses V, en centimètres cubes de gaz absorbés en

[1] Séance du 7 août 1922.

une seconde par centimètre carré de surface absorbante. Les chiffres suivants donnent la vitesse de réaction pour des concentrations variables en carbonate neutre à la température de 25°.

Mol. $CO^3(NH^4)^2.10^{-2}$...	0,25.	0,5.	1.	2.	4.	6.	8.
$V.10^4$	7,50	35,70	117,12	124,28	280,00	308,00	333,00

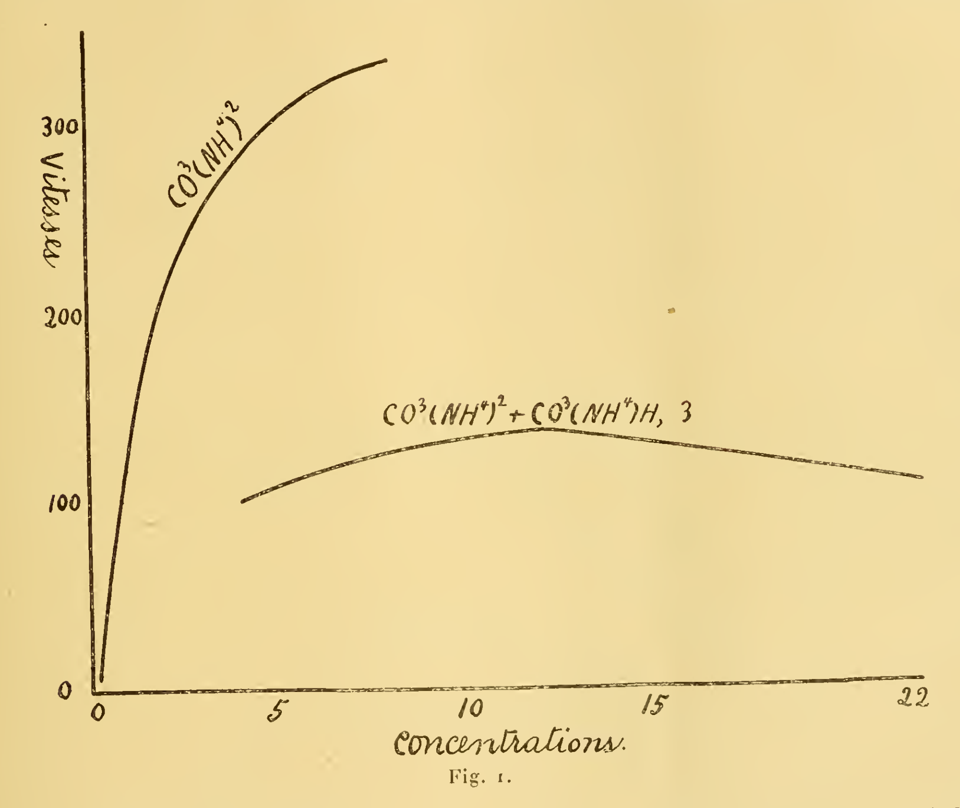


Fig. 1.

Cette vitesse semble tendre vers un maximum qu'il n'a pas été possible d'atteindre, parce qu'on ne peut pas, avec la burette de Bunte, mesurer des vitesses plus grandes que 350 (¹). En présence de bicarbonate qui ralentit la réaction, on peut au contraire observer un maximum; j'ai ajouté aux différentes solutions 3.10^{-2} molécule-gramme de bicarbonate d'ammonium. En employant cet artifice, j'ai obtenu les chiffres suivants à la température de 3° :

Mol. $CO^3(NH^4)^2.10^{-2}$...........	4.	6.	10.	12.	15.	18.	22.
$V.10^4$........................	100	115	130	138	130	120	111

Ces résultats sont représentés par le premier diagramme.

(¹) *Comptes rendus*, t. 174, 1922, p. 1017 et 1463.

Le Tableau suivant montre l'influence de la température :

Température.	Mol. $CO^3(NH^4)^2.10^{-2} = 6$. — Mol. $CO^3(NH^4)H.10^{-2}$.				Mol. $CO^3(NH^4)^2.10^{-2} = 8$. — Mol. $CO^3(NH^4)H.10^{-2}$.			
	0.	3.	6.	8.	0.	3.	8.	12.
3°.....	150,0	115,4	80,0	62,0	150,0	125,0	80,0	55,5
10......	214,2	150,0	110,0	87,3	214,2	159,0	100,0	88,0
20......	285,2	203,5	152,0	133,3	280,0	220,0	150,0	127,0
25......	315,0	222,2	166,6	150,0	333,3	250,0	166,6	139,0
35......	»	250,0	166,6	150,0	»	270,0	166,6	125,0
45......	»	250,0	150,0	125,0	»	272,7	140,0	88,0
55......	»	214,0	75,0	40,0	»	214,2	70,4	23,0
60......	»	75,0	18,7	1,2	»	166,6	21,5	»

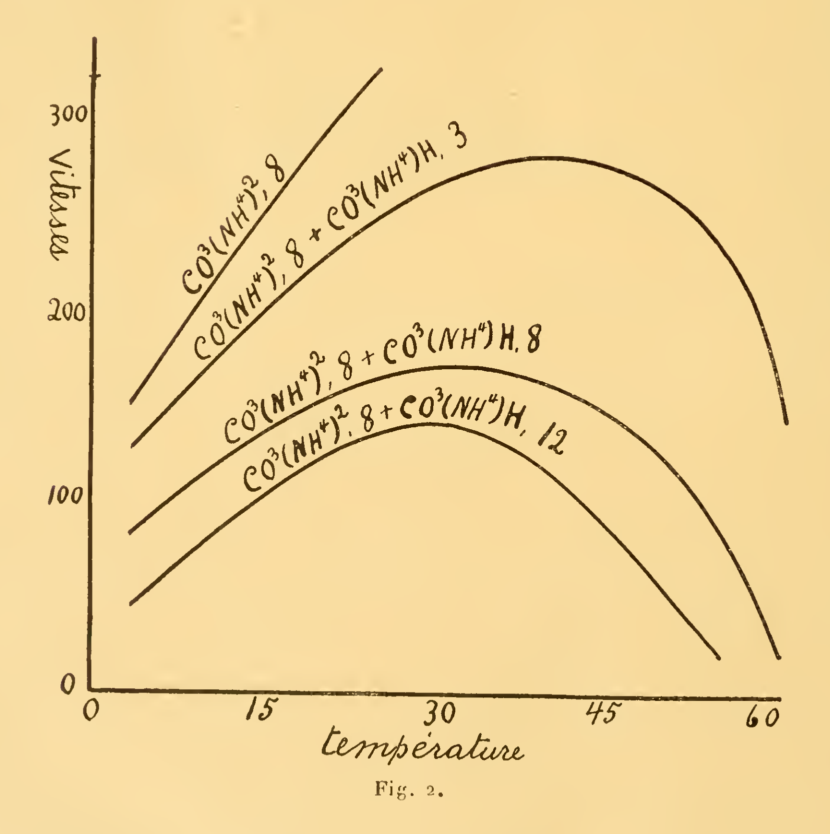


Fig. 2.

On reconnaît sur le diagramme correspondant que la vitesse maximum se déplace sur l'axe des températures avec la concentration en bicarbonate d'ammonium.

GÉOLOGIE. — *Sur de nouveaux pointements de Trias au Maroc oriental.* Note (1) de M. P. Russo, transmise par M. Ch. Depéret.

Au sud de l'énorme étendue subtabulaire cénomanienne qui, sous un mince manteau d'atterrissements, forme entièrement la masse des Hauts Plateaux marocains, se montre une série de plissements aigus, souvent accompagnés de fractures, ayant amené au jour comme en des boutonnières le Trias gypso-argilo-salin et des ophites.

Il n'en a été encore signalé au Maroc que deux pointements vus par Flamand et situés au *Djebel Melah* et au *Djebel Maïz.*

Une étude détaillée de la région m'a permis d'en mettre en lumière divers autres et de suivre sur 80^{km} une double crête anticlinale aiguë à laquelle appartiennent ces pointements et qui paraît apte à contribuer à éclairer le mécanisme d'apparition du Trias dans certains points de l'Atlas saharien.

Si l'on considère l'ensemble des Djebels Soffah, Rekaïz et Beni Smir situés à la limite sud de la région des atterrissements désertiques des Hauts Plateaux, au nord de Figuig, on les voit décrire une courbe en fer à cheval à concavité sud-ouest, dont le centre serait représenté par le Djebel Maïz.

Cet ensemble répond à la terminaison périclinale Est d'un pli anticlinal dont la région axiale a été partiellement érodée, laissant seulement en relief son revêtement périphérique (Soffah, Rekaïz, Beni Smir) et son noyau (Maïz).

Parallèlement aux branches du fer à cheval, existent deux crêtes anticlinales très aiguës, situées l'une au nord-ouest de la branche septentrionale, l'autre au sud-est de la branche méridionale et convergentes à leur extrémité orientale de façon à être dans leur ensemble à peu près concentriques au fer à cheval.

Ces crêtes sont formées de grès blancs et rouges du Jurassique supérieur et laissent de place en place apparaître des pointements axiaux triasiques sans interposition de Jurassique moyen ni de Lias entre le Jurassique supérieur et le Trias (intrusion).

Près de Sen Begar, un beau pointement d'ophite, de plus de 2^{km} de diamètre, surgit dans la crête septentrionale, accompagné de sel gemme.

Plus loin, vers le Nord-Est, un autre pointement se montre, et enfin la crête se continue jusque vers Sfissifa où existe un autre pointement signalé par Flamand.

---

(1) Séance du 11 septembre 1922.

La crête méridionale montre aussi un pointement ophitique de 200^m de diamètre à Ich. Il n'y a pas là d'argiles, de sel ni de gypse. Le pendage des couches superposées au Trias atteint la verticale.

A l'intérieur du fer à cheval nous allons retrouver le Trias *en place*, cette fois au centre de Djebel Maïz. Celui-ci est formé de dépôts bajociens et liasiques (*Harpoceras Normannianum* d'Orb et *Harpoceras radians* Wright cités par Flamand, et en outre *Phylloceras heterophyllum* Sow, *Paroniceras sternale* de Buch, *Rhynchonella prædiformis* Flamand, etc.

Sous ces assises se montrent les calcaires jaune d'or et les cargneules infraliasiques ainsi que le Trias gypso-salin avec ophites décrit par Flamand.

On voit donc, en allant du centre à la périphérie de l'anticlinal, dans la région de sa terminaison périclinale, se montrer :

1° Trias en place
2° Infralias
3° Lias
4° Mésojurassique
} Djebel Maïz.

5° Zone profondément érodée où, sous des dépôts quaternaires (vallée de la Zousfana) se continue le Mésojurassique et apparaît le Jurassique supérieur (couches à *Terebratula subsella* Leymerie, *Rhynchonella Dumortieri* Szajnocha).

6° Couches gréseuses du Jurassique supérieur (Djebels Suffah, Rekaïz, Beni Smir).

7° Couches gréseuses à pendage inverse des précédentes et subverticales.

8° Trias intrusif.

9° Couches gréseuses du Jurassique supérieur à pendage de même sens que les couches 6°, mais passant progressivement de la position subverticale à l'horizontalité à mesure qu'on s'éloigne de la crête.

Il semble donc que le Trias, en place au centre de l'anticlinal, ait, grâce aux pressions intenses qu'il a subies lors du plissement et aux diaclases et failles développées dans les couches qui lui sont sus-jacentes, pu s'échapper au dehors comme l'ont montré ailleurs MM. Savornin, Brives, Dalloni (Algérie septentrionale). Mais ici le phénomène peut être suivi avec une netteté plus grande qu'en aucun des points jusqu'alors indiqués, et la montée verticale du magma gypso-argilo-salin est tellement évidente qu'elle suggère l'idée d'une action dans laquelle le poids de la masse montagneuse du Maïz doit à lui seul avoir le plus grand rôle, et cela non pas simplement, comme l'a vu M. Dalloni, dans l'intérieur même de la masse montagneuse, mais à distance, comme cela se passerait dans une énorme presse hydraulique.

ENTOMOLOGIE. — *Sur le rôle des soldats de l'*Eutermes matangensis. Note (1) de M. **Jean Bathellier**, présentée par M. Bouvier.

L'*Eutermes matangensis* est un termite dont les soldats sont caractérisés par une corne frontale servant de conduit excréteur et éjaculateur à une glande dont la sécrétion est gluante. Le rôle défensif de cette sécrétion a été mis en évidence par de nombreux auteurs (Escherich, Bugnion, etc.) chez divers termites nasicornes, mais non, que je sache, dans *E. matangensis*. J'ai pu l'étudier dans cette espèce qui est très commune en Indo-Chine, soit dans la brousse, soit aussi dans les maisons et dans les édifices; j'ai même observé ses galeries dans une basse nef de la cathédrale de Saïgon. Mes observations confirment celles que l'on avait faites jusqu'ici sur d'autres espèces, mais sur certains points elles me paraissent nouvelles.

J'ai la bonne fortune d'avoir au fond du jardin du Laboratoire de l'Institut scientifique de Saïgon une termitière en activité. Le centre même se trouve dans le sol; il en part des canaux couverts qui conduisent les insectes aux endroits où ils peuvent trouver de la nourriture : troncs de pins desséchés, charpentes légères, etc.

Il faisait grand jour (c'est un détail important lorsqu'on parle d'animaux lucifuges). Je brisai un des conduits qui partent de la termitière : il en sortit quelques ouvriers et soldats. J'avais remarqué auparavant beaucoup de petites fourmis noires extrêmement agiles qui rôdaient aux environs. Certaines se précipitèrent sur des ouvriers qui erraient, aveuglés par le soleil, et les emportèrent dans leurs mandibules. Par contre, les mêmes fourmis fuyaient dès que leur course les avait amenées près d'un soldat. En aucun cas, elles n'engagèrent le combat. Elles revenaient sur leurs pas, en général, avant d'être à 2^{cm} de l'ennemi.

Voulant élucider la question, je fis l'expérience suivante : je pris trois boîtes de Petri. Dans la première, je plaçai une cinquantaine de soldats de termites. Dans la seconde, je plaçai une cinquantaine d'ouvriers. La troisième reçut une quantité à peu près égale de nymphes. Puis, ayant capturé une dizaine de grandes fourmis rousses, très agiles, j'en plaçai six dans la boîte n° 1, deux dans la boîte n° 2, deux dans la boîte n° 3, et je recouvris les boîtes : au bout de quelques minutes, j'enlevai les trois couvercles.

Une fourmi de la boîte n° 3 se sauva très vite. L'autre resta quelque

(1) Séance du 4 septembre 1922.

temps, puis s'en alla emportant deux nymphes dans ses mandibules. Les deux fourmis de la boîte n° 2 prirent également le temps de chasser et partirent en emportant chacune un ouvrier. Quant aux fourmis de la boîte n° 1, je les voyais s'épuiser en efforts désespérés pour quitter la place. Chaque fois qu'un de leurs membres frôlait un soldat, celui-ci s'arrêtait et dardait son rostre vers la fourmi. L'une d'elles étant passée sur un amas de termites, je vis l'un d'eux s'y attacher obstinément et darder son rostre à la face inférieure du corselet. D'ailleurs, il n'y avait pas contact et la tête ne gardait sa direction en avant que pendant un très court instant. Trois des fourmis ne quittèrent la boîte n° 1 qu'avec mon aide. Elles avaient les mandibules engluées. De petits grains de sable, de menus fragments de bois adhéraient à leur corps et surtout à leurs pattes. Les trois autres restèrent fixées à des objets contenus dans la boîte. Peu à peu, et d'autant plus vite qu'elles se débattaient davantage, leurs membres se collaient entre eux, puis au long du corps. En fin de compte, elles moururent là, complètement immobilisées. J'essayai en vain de les dégager avec de l'eau : le mucus des termites n'est pas soluble dans ce liquide.

Observées au microscope, toutes les fourmis mises en contact avec des soldats se sont montrées couvertes de petites taches rondes, transparentes, ayant l'aspect de gouttelettes de sirop très épais. Ces petites taches, très nombreuses sur les fourmis mortes, avaient retenu de nombreux corps étrangers. Elles étaient confluentes aux points sur lesquels les soldats s'étaient particulièrement acharnés.

Les soldats de termites possèdent donc une arme très efficace contre leurs ennemis. Il faut bien d'ailleurs qu'il en soit ainsi pour que puisse subsister le troupeau sans défense des ouvriers et des nymphes. Sinon, il suffirait de briser leur système de clôture pour les mettre à la merci de leurs ennemis. Or les Saïgonnais savent qu'il ne suffit pas d'ouvrir une termitière pour que les fourmis, très nombreuses ici, en détruisent les habitants.

J'eus l'occasion de voir ce qui se passe dans ce cas. Le conduit des termites que j'avais brisé se trouvait isolé sur un mur fraîchement badigeonné de blanc. Il était donc très facile de l'observer. Un peu avant le coucher du soleil, j'allai voir ce qu'il devenait. Il était en pleine reconstruction. Le tracé de la partie détruite était reconnaissable : un nouveau plancher noirâtre était déjà édifié sur son emplacement.

De chaque côté, il était protégé par une ligne de soldats qui semblaient obéir à une discipline. Ils étaient rangés — qu'on me pardonne l'expression — coude à coude. Leur ligne, très régulière, suivait le contour de la

galerie qu'il fallait réédifier. Bien plantés sur leurs pattes, ils relevaient leur extrémité postérieure, et en même temps tenaient leur tête aussi haut qu'il leur était possible, bien horizontale, le rostre en avant. Les fourmis qui sentaient les ouvriers au travail derrière la barrière vivante essayaient parfois de s'en approcher pour enlever une proie. Mais elles brisaient leur élan et reculaient bien avant de toucher à la ligne redoutable.

A l'abri de cette barrière protectrice, les ouvriers travaillaient avec ardeur. Chacun d'eux apportait un minuscule caillou dans ses mandibules, le mettait en place, l'assurait, puis, se tournant, déposait un peu de cette matière anale qui leur sert de ciment, et laissait la place à un autre.

Le groupement des soldats en barrière défensive latérale a été signalé par divers auteurs, et M. Bugnion en a même donné une excellente photographie dans une espèce de Ceylan, l'*Eutermes monoceros;* mais il s'agissait de soldats flanquant une procession d'ouvriers, et non point de travailleurs construisant une galerie.

MICROBIOLOGIE. — *Existe-t-il des organismes susceptibles de reviviscence dans les roches après stérilisation par la chaleur?* Note [1] de MM. F. **Dienert** et P. **Etrillard**.

M. Galippe, dans une série de Notes [2] a indiqué comment il avait pu obtenir des cultures microbiennes en ensemençant, dans du bouillon, des fossiles, de l'ambre ou des roches, soit après stérilisation par l'éther, soit, dans sa dernière Note, après stérilisation par la chaleur.

Pour certaines roches, le granite et le basalte, en particulier, la température de stérilisation variait de 200° à 800° C. Le basalte fut même fondu à 1300°C. et porté ensuite à 1335°C., avant d'être mis en expérience.

Dans tous ses essais, M. Galippe retrouvait des corpuscules ovoïdes qui se multipliaient et se transformaient. La dernière Note se terminait ainsi : « La nature n'est pas inerte, elle constitue au contraire un réservoir inépuisable de vie. »

Nous nous proposons d'entreprendre des recherches sur cette question.

Nous avons opéré sur du calcaire crayeux tendre, de l'argile rencontrée dans un sondage, sous les alluvions de la Marne à Mézy, du granite de la Corrèze, un micaschiste de Syra, une syénite néphélinique de l'archipel de Los et une andésite du Mont Dore.

(1) Séance du 4 septembre 1922.

(2) *Comptes rendus*, t. 170, 1920, p. 856; t. 171, 1920, p. 754; t. 172, 1921, p. 1252.

Nous nous sommes servis, pour ces essais, de tubes connus sous le nom de Rosa-Josepha. Ils sont constitués par cinq tubes à essai, semblables, soudés l'un à l'autre par une tubulure horizontale placée à demi-hauteur environ. Après avoir préalablement stérilisé à 180°, au four à flamber, chacun de ces tubes, on introduisait dans les trois tubes du Rosa-Josepha environ 10^g de roche réduite en poudre grossière, les deux autres tubes étant laissés vides. On stérilise l'ensemble à 180°, puis on emplit les deux tubes vides avec un bouillon de peptone alcalinisé ($PH = 7,3$) légèrement et l'on stérilise à nouveau à 120° à l'autoclave.

Puis, par la tubulure latérale, on fait passer le bouillon sur les roches en poudre, en inclinant fortement le tube Rosa-Josepha. On évite par ce moyen toute contamination extérieure au cours de cette manipulation.

Ces tubes, placés à l'étuve à 36°, ne donnent aucune culture; le bouillon reste clair et ne révèle aucun organisme susceptible de reviviscence.

Dans un autre essai, nous avons stérilisé les tubes, remplis de roches, à 180°, puis nous avons introduit aseptiquement le bouillon de culture dans les deux autres tubes du Rosa-Josepha, comme dans le premier essai, sans faire suivre cette introduction d'une stérilisation à 120°. On laisse ces tubes pendant 8 jours à 36° pour s'assurer de la correction de la manipulation, puis on fait passer le bouillon sur les roches en poudre. Cette fois certaines roches donnent une culture, en particulier le granit et la syénite.

Mais on sait que la stérilisation des roches en poudre est difficile, la chaleur pénètre lentement dans la masse. Un second essai a été fait en stérilisant la roche en poudre deux fois à 180° à un jour d'intervalle.

Les roches sont restées stériles sauf dans un tube contenant du granite en poudre sur trois ensemencés. Le trouble constaté avec la syénite provenait d'un petit dépôt d'oxyde de fer. Réensemencé sur bouillon, il restait stérile.

Sans vouloir expliquer les résultats surprenants de M. Galippe, nous concluons de nos essais qu'il semble bien qu'en s'entourant de précautions et en stérilisant les roches à 180° pendant un temps suffisamment long, celles-ci ne contiennent aucun organisme susceptible de reviviscence.

La séance est levée à 15 heures trois quarts.

É. P.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 25 SEPTEMBRE 1922.

PRÉSIDENCE DE M. L. MAQUENNE.

CORRESPONDANCE.

M. le Secrétaire perpétuel annonce à l'Académie le décès de M. **Battandier**, Correspondant pour la Section de Botanique.

GÉOMÉTRIE DE SITUATION. — *Sur la ramification des lignes cantoriennes.* Note [1] de M. **P. Urysohn**, présentée par M. Henri Lebesgue.

La notion d'ensemble ε-séparant un point donné qui nous a servi dans une Note précédente [2] à définir la dimension, permet aussi de faire une étude approfondie des lignes cantoriennes (au sens indiqué dans la Note citée).

Soit K une ligne cantorienne, x un de ses points. Selon la définition d'une ligne x peut être ε-séparé par un ensemble B de dimension O; on démontre sans peine que B peut être supposé fermé; c'est donc alors un ensemble fermé punctiforme. Il est naturel de classer les points de K d'après la *puissance* de B; nous dirons notamment que :

Définition 1. — *x est un point d'indice n (n-fini) s'il peut être ε-séparé (quel que soit ε) par un ensemble* B *constitué de n points, tandis qu'un ensemble de $n - 1$ points n'y suffit plus :* $\text{ind}_x \text{K} = n$.

Définition 2. — *Si x peut être toujours ε-séparé par un ensemble fini, mais dont la puissance croît nécessairement avec $\frac{1}{\varepsilon}$, x sera dit un point d'indice ω :* $\text{ind}_x \text{K} = \omega$.

Définition 3. — *Si x n'entre pas dans l'une des deux catégories précédentes*

---

(1) Séance du 18 septembre 1922.

(2) *Comptes rendus*, t. 175, 1922, p. 440.

et peut être (quel que soit ε*)* ε*-séparé par un ensemble dénombrable, nous dirons que c'est un point d'indice* $\aleph_0$: $\text{ind}_x = \aleph_0$.

DÉFINITION 4. — *Si l'on n'a pas* $\text{ind}_x K \leqq \aleph_0$ (le cas $\text{ind}_x K = \omega$ y compris) *nous aurons* $\text{ind}_x K = c$ *(puissance du continu).*

Nous dirons, pour abréger, qu'un point d'indice $\geqq 3$ est un *point de ramification.*

On se rendra aisément compte du rapport entre les notions d'indice de ramification et de l'ordre de ramification de M. Young. L'ordre ne surpasse jamais l'indice (à une exception près : on peut avoir $\text{ind}_x K = \omega$ avec $\text{ord}_x K = \aleph_0$), mais peut bien lui être inférieur. Il est d'ailleurs à remarquer qu'une ligne extrêmement compliquée (par exemple un continu indécomposable) peut n'avoir que des points d'ordre $\leqq 2$. Nous verrons qu'il n'en est pas ainsi pour l'indice ; c'est justement pour cela que nous ne connaissons actuellement que peu de chose en ce qui concerne l'ordre (exception faite pour les exemples de M. Sierpinski et les théorèmes spéciaux de Janiszewski), tandis que l'étude de l'indice peut être poussée assez loin. Les théorèmes de Janiszewski se rapportent aux points qu'il nomme simples (x est simple si, *dans un certain voisinage de* x, K est composé d'un nombre fini d'arcs simples sans autre point commun que x). Il démontre notamment que : 1° Si tous les points de K sont simples, K est composé d'un nombre fini d'arcs simples ; 2° Si, de plus, l'ordre de tout point est $\leqq 2$ K est un arc simple ou une ligne simple fermée.

THÉORÈME I. — *Une ligne sans points de ramification est un arc simple ou une ligne simple fermée.*

C'est une généralisation du théorème II de Janiszewski qui me paraît considérable, car, au voisinage d'un point *individuel* d'indice 1 ou 2, K peut avoir une structure très compliquée. Le premier théorème de Janiszewski ne peut être généralisé de même, car il existe des lignes n'ayant aucun point d'indice supérieur à 3 et qui ne peuvent être décomposées même en une infinité dénombrable d'arcs simples.

La démonstration du théorème I repose sur l'emploi des définitions et des propositions suivantes, qui présentent, peut-être, elles-mêmes quelque intérêt.

DÉFINITION 5. — *Soit* P *un sous-continu de* K. *Nous dirons que c'est un continu de condensation complète de* K *si l'on peut extraire de* K — P *une suite des continus* $P_1, P_2, \ldots, P_n$, *convergeant vers* P (convergence au sens de M. Hausdorff) [1].

On voit immédiatement que tout continu de condensation complète est un continu de condensation au sens de Janiszewski, la réciproque n'étant pas vraie.

---

[1] F. HAUSDORFF, Kap. VII, § 5, *Abgeschlossener Limes. Grundzüge de Mengenlehre.*

Théorème II. — *De toute suite d'ensembles fermés on peut extraire une suite convergente.* (*N. B.* — Nous supposerons toujours l'espace compact.)

Théorème III. — *Tout point de second genre* (Mazurkiewicz) [1] *de* K *appartient à un continu de condensation complète.*

Théorème IV. — *Tout point appartenant à un continu de condensation complète est d'indice* $\aleph_0$ *ou* c.

En particulier tout point d'un continu indécomposable est d'indice c.

Théorème V. — *Tout continu de condensation contient des points de ramification.*

Il peut d'ailleurs n'en contenir qu'une infinité dénombrable, tous ces points étant d'indice $= 3$. Les points d'indice $\aleph_0$ et c peuvent, d'autre part, n'appartenir à aucun continu de condensation. Le Théorème V admet, néanmoins, une sorte de réciproque que voici :

Théorème VI. — *Si la ligne* K *contient un point d'indice* $\aleph_0$ *ou* c, *elle contient aussi un continu de condensation.*

Elle peut d'ailleurs, dans le cas de l'indice $\aleph_0$, ne contenir aucun continu de condensation complète. Pour l'indice c la question n'est pas résolue.

Les points d'indice fini et ω peuvent être isolés. Il n'en est pas ainsi pour les points d'indice $\aleph_0$ et c, qui présentent certaines analogies avec les points de dimension supérieure. On a en effet :

Théorème VII. — *L'ensemble des points de* K *dont l'indice est* $\geqq \aleph_0$ *est dense en soi; la même propriété subsiste pour l'ensemble des points d'indice* c.

Théorème VIII. — *Si* K *est la somme d'un nombre fini ou d'une infinité dénombrable de continus* K_i *ne contenant pas de points d'indice* c (*par rapport à* K_i), K *lui-même n'en contient aucun.*

Ce théorème serait, par contre, en défaut si l'on remplaçait c par $\geqq \aleph_0$; on peut, en effet, construire deux continus sans points d'indice >4, et dont la réunion est un continu possédant des points d'indice $\aleph_0$.

On a enfin le théorème général suivant (qui possède un analogue pour la dimension):

Théorème IX. — *L'ensemble des points d'indice* $\geqq a (a = n, \omega, \aleph_0, c)$ *est la réunion d'une infinité dénombrable d'ensembles fermés*). Il peut, d'ailleurs, arriver qu'il ne soit pas fermé.

---

[1] *Fundamenta Mathematicae*, t. I.

RÉSISTANCE DES MATÉRIAUX. — *Caractéristiques principales des barres d'acier doux préalablement rompues par traction.* Note de M. **Seigle**, présentée par M. Rateau.

Le phénomène du relèvement de la limite élastique d'un barreau d'acier par un effort de traction suffisant pour produire une déformation permanente est bien connu ; c'est l'écrouissage par traction. Mais la plupart des auteurs considèrent qu'un acier écroui, et entre autres écroui par traction, est devenu cassant, fragile, hétérogène, et serait d'un emploi dangereux ; cela n'est pas exact, les essais ci-après l'établiront ; je les ai effectués sur des barreaux d'acier doux après leur rupture par traction, ces aciers ayant à l'état recuit environ 25^{kg} de limite élastique et 40^{kg} de résistance par millimètre carré. Les barreaux en question peuvent avoir une section circulaire ou rectangulaire, ou être en forme de profilé, T, U, etc., ou encore être des tubes.

Nouvelle résistance et nouvelle limite élastique. — La charge totale de rupture reste la même quand les morceaux d'un barreau d'essai préalablement rompu sont soumis à de nouvelles ruptures par traction, si nombreuses soient-elles, et, jusqu'à cette charge totale, on n'a plus alors, par traction, que des déformations élastiques.

Soit un barreau d'acier doux de section initiale S, limite élastique E, et résistance R par millimètre carré de section initiale ; on a $E = 0,6\,R$ environ.

Après rupture, la section générale uniforme, en dehors de la région de striction, est devenue S' égale à environ $\frac{S}{1,2}$; la nouvelle limite élastique E' et la nouvelle résistance R' par millimètre carré de section nouvelle ont une même valeur qui, par rapport à R, résistance primitive, est telle que

$$E' = R' = R \times 1,2 \qquad \text{(c'est-à-dire ici environ 48 kg : mm}^2\text{)}$$

et par rapport à E, limite élastique primitive, on a environ

$$E' = \frac{E \times 1,2}{0,6} = 2\,E.$$

Section de striction. — La surface de la section de striction reste la même lors de ruptures sucessives par traction, aussi nombreuses soient-elles, et, bien entendu, il se forme toujours un même allongement de striction dans

la région de rupture. Cela montre qu'une première rupture par traction épuise bien la possibilité d'un allongement général sous l'effet d'une nouvelle traction directe, mais n'épuise nullement des possibilités d'allongement local dans certaines circonstances.

Essais de pliage à bloc. — Tout barreau d'acier doux prélevé dans le sens du laminage d'une barre plie à bloc sans crique; il en est de même d'un barreau après rupture par traction (par exemple barreau de 20^{mm} de diamètre).

Essais d'après le nombre de pliages à 180° *amenant la rupture de fils-machine.* — Cet essai, d'usage industriel courant, consiste à serrer un barreau entre deux mâchoires à arrondi déterminé et à plier dans un même plan en comptant le nombre des pliages à 90° de part et d'autre de la position initiale. Or les nombres des pliages jusqu'à rupture sont les mêmes avec des barreaux (sous forme de fil-machine de 5^{mm} par exemple) à l'état recuit ou après rupture par traction.

Essais d'enroulement et déroulement sous charge. — Un fil-machine de 5^{mm} peut donner après rupture par traction des allongements considérables, jusqu'à 150 et 170 pour 100, par la méthode d'enroulement et déroulement sous charge; pour cela, on fait faire au fil un enroulement d'une spire sur une tige de 10^{mm} à 15^{mm} de diamètre que l'on fait tourner autour de son axe pendant qu'on soumet le fil à un effort de traction de l'ordre de 60 à 70 pour 100 de sa charge de rupture.

Essais de flexion statique. — L'application des formules de la Résistance des Matériaux montre que, pour des barreaux posés sur deux appuis et chargés au milieu, la fatigue élastique limite pour des aciers recuits peut varier de 30^{kg} à 40^{kg} environ par millimètre carré, mais, dès qu'on a dépassé cette limite élastique, les flèches deviennent immédiatement très importantes pour une très faible augmentation de la charge.

Or, des barreaux d'acier rompus préalablement par traction étant essayés de même, on voit que la fatigue élastique est relevée de 45^{kg} à 50^{kg} par millimètre carré, avec cette particularité très intéressante que, si l'on dépasse cette fatigue, les déformations ne s'accroissent que très lentement. Si l'on a exercé une charge amenant une fatigue de l'ordre de 60^{kg}-70^{kg}-90^{kg}, la suppression de cette charge laisse bien une déformation permanente, mais elle est relativement faible.

Essais de torsion. — Soit 100 le moment de rupture par torsion d'un acier doux recuit; le moment maximum élastique pratique de torsion est de l'ordre de 38 à 40. Or, un barreau préalablement rompu par traction

supporte des torsions permanentes presque aussi grandes que l'acier tel quel; le moment de torsion de rupture est du même ordre qu'avec l'acier primitif, alors que le moment élastique maximum pratique s'élève à environ 80, soit au double de sa valeur primitive.

Essais au choc. — Un barreau d'acier doux rompu préalablement par traction n'est pas du tout fragile au choc et les flèches qu'il prend sont inférieures à celles du barreau de mêmes dimensions en acier ordinaire.

Le travail absorbé par un pliage par choc (mesuré au pendule Charpy) est également plus grand pour l'acier rompu par traction.

Essais au choc sur barreaux entaillés. — Les barreaux rompus par traction sont, sous ce rapport, très inférieurs à l'acier doux recuit; alors qu'on aura par exemple 8^{kgm} à 11^{kgm} de résilience avec un barreau recuit, on n'aura que 2,8 à 3 avec un barreau rompu par traction.

Mais ce sont encore là des valeurs très fortes en comparaison des valeurs qu'on aurait avec du métal dur à rails, du duralumin, etc.; avec la fonte, on aurait un chiffre voisin de zéro.

Essais de choc sur barreaux soumis pendant le choc à un effort de traction élevé. — Dans un essai de choc ou de pliage ordinaire, le barreau peut glisser sur ses supports à mesure qu'il prend de la flèche. Un essai intéressant consiste à opérer par choc sur des barreaux d'acier doux préalablement rompus par traction, et qui sont serrés par leurs extrémités dans les mordaches d'une machine à traction; ces barreaux étant soumis à un effort de traction de l'ordre de 60 à 80 pour 100 de la charge de rupture, on peut appliquer de grands coups de marteau sans causer de rupture immédiate, mais, au contraire, en produisant un allongement très important du barreau. On peut ainsi, en opérant à plusieurs reprises, donner à des barreaux rompus par traction, un allongement général de plus de 30 pour 100.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Alliages de nickel conservant leur rigidité dans un domaine étendu de température.* Note [1] de M. P. CHEVENARD, présentée par M. H. Le Chatelier.

En communiquant à l'Académie les premiers résultats de mes recherches sur la viscosité des métaux aux températures élevées [2] (recherches poursuivies au laboratoire de la Société Commentry-Fourchambault et Decaze-

---

(1) Séance du 11 septembre 1922.

(2) P. CHEVENARD, *Comptes rendus*, t. 169, 1919, p. 712.

ville, à Imphy), je signalais qu'un de leurs buts était de découvrir des alliages conservant leur rigidité dans un domaine étendu de température, problème de grande importance pratique pour l'industrie chimique et l'industrie mécanique.

Presque tous les aciers proprement dits, ordinaires et spéciaux, deviennent nettement visqueux au delà de 500°-550° pour des charges de quelques kilogrammes par millimètre carré, quel que soit le traitement antérieur. Les aciers chrome-tungstène à coupe rapide *trempés* conservent bien une grande dureté à température plus élevée que les autres aciers. Mais ils sont oxydables et fragiles ; de plus, le maintien prolongé d'une température supérieure à 550°-600° amène une destruction progressive des effets de la trempe ; enfin, les propriétés du métal sont définitivement modifiées si la température d'emploi se trouve accidentellement dépassée.

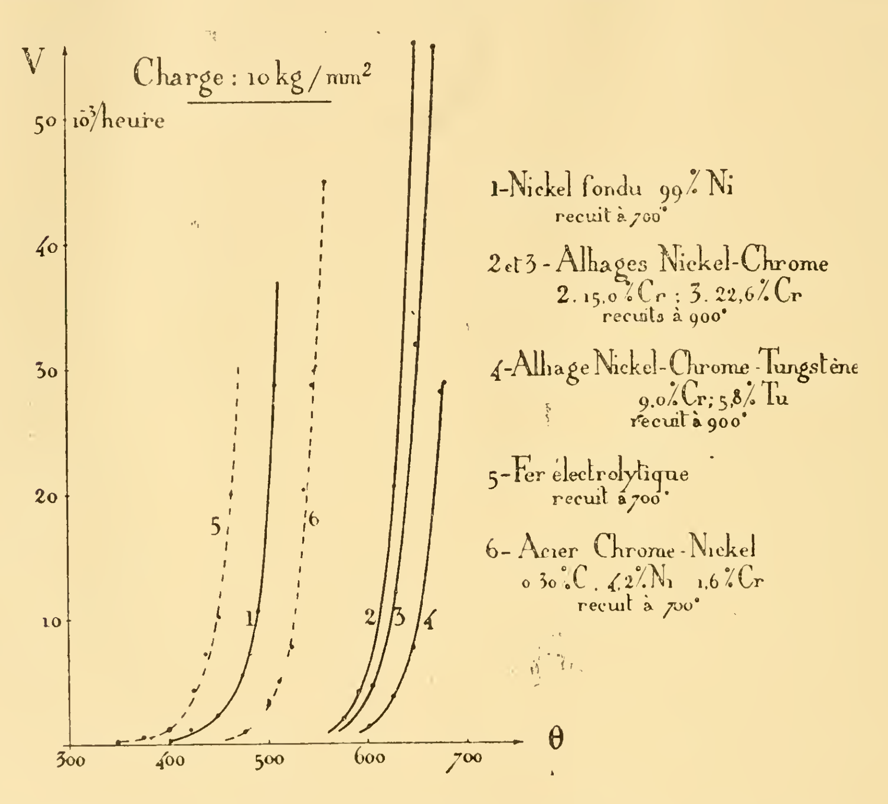
En 1913, alors que les Aciéries d'Imphy préparaient une série de ferronickels ternaires pour les travaux de M. Ch.-Ed. Guillaume, l'attention fut attirée sur le fait suivant : les lingots de certains alliages fer-nickel-chrome, riches en nickel et en chrome, portés à la température de forgeage des aciers durs, se déformaient beaucoup moins que ces derniers sous le choc du pilon.

Cette propriété laissait entrevoir une solution du problème des alliages tenaces à chaud ; les ferronickels chromés sont en effet peu fragiles et très peu oxydables; et, comme ils sont dépourvus de transformations allotropiques, leurs propriétés, après recuit, dépendent peu de leur histoire thermique. Aussi des recherches furent-elles entreprises pour déterminer l'action des additions durcissantes : chrome, tungstène, etc., sur les propriétés mécaniques à chaud du nickel et des ferronickels à hautes teneurs.

Pour éclairer la question, on eut d'abord recours à des essais de traction, exécutés suivant la technique usuelle, sur des éprouvettes chauffées électriquement. Mais, aux températures où le métal est visqueux, l'effort nécessaire pour rompre une éprouvette dépend, dans une large mesure, de la vitesse d'extension. Par suite les essais mécaniques à chaud, effectués à vitesse parfaitement constante, ne fournissent que des indications relatives ; ils permettent bien de découvrir les alliages les plus résistants à une même température; mais ils renseignent mal sur la façon dont ces alliages se comportent sous l'action d'un effort maintenu indéfiniment : d'où l'institution des *essais de viscosité*.

La technique expérimentale a été déjà exposée : un fil-échantillon, placé dans un moufle dont la température demeure constante, est chargé d'un

poids, et un dispositif automatique enregistre photographiquement l'allongement en fonction du temps. D'après MM. H. et F. Le Chatelier [1], il se produit, dès la fin de la mise en charge, une déformation subpermanente à vitesse décroissante qui se continue par une déformation visqueuse à vitesse constante : effectivement, les courbes « allongement-temps », qui, au



départ, tournent leur concavité vers le bas, tendent vers une direction constante à laquelle correspond la vitesse d'extension visqueuse V. Pour grouper les résultats relatifs à un même métal, on trace les courbes qui traduisent, pour chaque valeur de la charge, la variation thermique de la vitesse V, exprimée en fonction des dimensions initiales du fil.

La figure groupe quelques-unes de ces courbes obtenues dans l'étude du nickel et des alliages de ce métal avec le chrome et le tungstène; j'ai reproduit, en outre, à titre de comparaison, celles du fer pur et d'un acier chrome-nickel de construction : toutes sont relatives à des métaux recuits, soumis à une charge de 10 kg : mm².

---

(1) H. et F. Le Chatelier, *Comptes rendus*, t. 171, 1920, p. 695.

Les courbes représentant la variation thermique de V sont des exponentielles; sous la charge de 10 kg : mm^2, la vitesse double pour une élévation de température sensiblement égale à 16° pour le fer, le nickel et l'acier chrome-nickel, et à 17° pour les trois alliages nickel-chrome et nickel-chrome-tungstène. Cette croissance rapide permet de déterminer assez nettement, sur chaque courbe, la température à partir de laquelle les phénomènes visqueux deviennent appréciables, c'est-à-dire la limite du domaine de température où l'alliage est *pratiquement rigide* sous la charge considérée. La comparaison de ces températures limites, pour différents alliages, permet d'apprécier l'influence de la composition.

Ainsi une addition de 15 pour 100 de chrome au nickel (courbe 2) relève d'environ 150° le domaine de rigidité de ce métal (courbe 1) sous la charge de 10 kg: mm^2; une proportion de 22,6 pour 100 (courbe 3) ne produit pas un effet beaucoup plus important; et, comme les difficultés de fabrication et de forgeage augmentent rapidement avec la teneur en chrome, il est avantageux de maintenir celle-ci au-dessous de 15 pour 100. Des meilleurs résultats sont obtenus en incorporant à l'alliage, à la fois, du chrome et du tungstène (courbe 4).

L'action de cette double addition reste qualitativement la même quand on remplace le nickel par un ferronickel tenant jusqu'à 60 pour 100 Ni : cette substitution facilite la préparation de l'alliage, et en abaisse le prix de revient. Les alliages quaternaires ainsi obtenus sont peu fragiles, très résistants aux agents chimiques et, essayés à température élevée, ils se révèlent nettement plus rigides que tous les aciers proprement dits à l'état recuit.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Oxydation directe par l'oxygène ou par l'air des éthers d'acides alcools.* Note [1] de M. L.-J. **Simon**.

Depuis que l'attention a été attirée par les chimistes biologistes sur les transformations mutuelles des α-oxyacides et des acides α-cétoniques dans l'organisme animal; depuis que, à la suite de Neubauer et Fromherz, on a été conduit à soupçonner puis à reconnaître le rôle intermédiaire fondamental de l'acide pyruvique dans les fermentations (Neuberg, Fernbach et Schön, Mazé et Ruot), la transformation par oxydation de l'acide lactique $CH^3 - CH(OH) - CO^2H$ en acide pyruvique $CH^3 - CO - CO^2H$ a pris

[1] Séance du 18 septembre 1922.

une grosse importance. Il m'a paru opportun de reprendre une observation que j'avais faite antérieurement : le lactate d'éthyle quelle que soit son origine, conservé en flacon bouché, s'oxyde spontanément en se transformant en pyruvate d'éthyle; cette altération, qui se révèle tout d'abord par l'odeur pénétrante de l'éther cétonique, est contrôlée par les réactions habituelles de l'acide pyruvique.

L'oxydation de l'acide lactique a fait l'objet de très nombreuses recherches et, à cet effet, on a fait appel aux oxydants les plus variés : le plus souvent on a constaté la formation de gaz carbonique, d'aldéhyde éthylique et d'acide acétique. Dans quelques cas particuliers, on a pu déceler la présence d'acide pyruvique : Beilstein et Wiegand l'ont signalé dans l'oxydation ménagée du lactate de calcium par le permanganate; Fenton et Jones en ont obtenu par l'eau oxygénée en présence de sel ferreux et, plus récemment, Ciusa et Piergallini par le brome et l'eau *à la lumière* accusent un rendement de 30 pour 100. Aristow et Demjanow se sont adressé au lactate d'éthyle en employant le permanganate acide : ils ont perçu l'odeur de l'éther pyruvique et ont caractérisé l'acide par ses réactifs. L'exactitude qualitative de ces résultats a été vérifiée. *L'oxydation directe par l'air ou l'oxygène d'un dérivé lactique n'a jamais été signalée.*

Cette oxydation peut cependant se produire, en l'absence de tout catalyseur, sur les éthers lactiques à chaud et même à froid.

A froid, l'oxydation est très lente par l'air ou même par l'oxygène; l'agitation l'accélère, ainsi que l'exposition à la lumière. Il ne faut pas moins d'une semaine d'agitation pour caractériser nettement le pyruvate d'éthyle par son odeur et ses réactions les plus sensibles; puis il s'accumule et l'on peut le doser et corrélativement constater l'absorption d'oxygène.

A chaud, le phénomène a pu être observé et suivi sur quatre éthers lactiques : les lactates de méthyle, d'éthyle, de butyle et d'amyle. L'éther lactique chauffé est traversé par un courant d'air. Quelques heures sont nécessaires, là encore, pour percevoir la formation de l'éther cétonique. Une prolongation de quelques heures encore permet de caractériser les pyruvates de méthyle et d'éthyle au moyen de leurs phénylhydrazones. Avec une vitesse convenable du courant d'air, circulant pendant une durée de 24 à 48 heures, on a observé une transformation de 5 à 10 pour 100. L'élévation de température favorise la transformation jusqu'à un certain degré au delà duquel d'autres phénomènes deviennent prépondérants : formation de lactyllactates, déviation de l'oxydation, réactions mutuelles de produits formés, etc. Pour fixer les idées, avec du lactate de butyle chauffé

pendant 20 heures à 180°, on a observé la formation de 9 pour 100 de pyruvate. Le dosage a été effectué en passant par l'intermédiaire de la phénylhydrazone de l'acide libre en la titrant alcalimétriquement.

Dans l'oxydation lente à froid par agitation à la lumière, le lactate d'éthyle subit un autre mode d'oxydation avec formation d'aldéhyde et de gaz carbonique

$$CH^3 - CH^2OH - CO^2H^5 + O = CH^3 - COH + CO^2 + C^2H^5OH.$$

Il y aurait donc deux modes d'oxydation possibles du lactate, en quelque sorte *indépendants l'un de l'autre* et aboutissant l'un au pyruvate d'éthyle, l'autre à l'aldéhyde.

Étendue à l'action des oxydants sur l'acide lactique, cette observation en explique la complexité; limitée au cas actuel d'oxydation directe par l'air à chaud, elle explique les réactions secondaires qui limitent la formation d'éthers pyruviques ainsi que les insuccès rencontrés dans l'intervention des catalyseurs.

Le glycolate d'éthyle $CH^2OH - CO^2C^2H^5$ s'oxyde également à l'air en donnant du glyoxylate d'éthyle qu'on peut caractériser par sa phénylhydrazone et par la coloration rouge qu'il donne avec l'ammoniaque. L'avenir montrera si cette propriété des α-oxyacides est générale.

Du point de vue biologique, ces expériences sont en accord avec la conception de deux modes d'oxydation de l'acide lactique dans l'organisme animal ou végétal

$$CH^3 - CHOH - CO^2H + O \begin{cases} \nearrow CH^3 - CO - CO^2H + H^2O \\ \searrow CH^3 - COH + CO^2 + H^2O \end{cases}$$

Ces deux modes ne seraient pas successifs; ils pourraient coexister ou se substituer. Dans les deux cas, l'oxydation plus complète aboutit à l'acide acétique. Mais si l'on envisage les processus de réduction ou de condensation ultérieurs, la différence est d'importance, surtout si, pensant au métabolisme végétal, on évoque l'aptitude particulière que possède l'acide pyruvique à l'édification des molécules azotées complexes, soit isolément, soit en conjonction avec les aldéhydes.

GÉOLOGIE. — *Sur la nature et la structure du substratum de la chaîne du Jura.* Note de M. E. Fournier, présentée par M. Pierre Termier.

Les zones plissées de la chaîne du Jura sont exclusivement constituées par des formations secondaires; dans l'axe des plis des Avant-Monts et du Vignoble, les terrains les plus anciens qui viennent affleurer sont : le *Keuper* et, très exceptionnellement, le *Muschelkalk*. Dans les Plateaux et la Haute-Chaîne on voit affleurer, en peu de points, le *Lias* et, très exceptionnellement, le *Keuper*. Tous les sondages qui avaient été jusqu'ici exécutés dans le Vignoble et les Avant-Monts, avaient pour but la recherche du sel et avaient, par suite, été arrêtés, soit dans le Keuper inférieur (marnes salifères), soit dans son substratum (Muschelkalk, lorsque la série était normale, et Lias lorsqu'elle était renversée). Seul, le sondage de *Buix*, près *Porrentruy*, dans le Jura Bernois, avait permis de constater la présence du Permien supérieur, sur le Trias des zones les plus externes du Jura. A part cette unique constatation directe du sondage de Buix, on en était réduit à échafauder des hypothèses, basées sur l'étude des formations de bordure des massifs de la Serre, de Saulnot, du Salbert et même du Mont-de-Vanne, qui, dans une zone très nettement pré-jurassienne (trait d'union *Morvano-Vosgien*), permettaient d'observer des affleurements antérieurs au Muschelkalk.

La connaissance de la constitution du substratum des zones plissées du Jura était donc, jusqu'ici, peu avancée, et présentait cependant un intérêt très considérable, tant au point de vue de la tectonique générale qu'au point de vue de l'avenir des recherches industrielles de combustibles dans cette région. Sur mes instances, la Société des Salines de Franche-Comté a bien voulu entreprendre, pour élucider cette question et les questions industrielles qui s'y rattachent, un important sondage, dans la zone des Avant-Monts, à Chazelot, près Rougemont (Doubs). Voici les résultats scientifiques de cette recherche.

Le sondage de Chazelot, ouvert dans le Muschelkalk, a traversé $266^{m},10$ de calcaires et calcaires marneux de cet étage. Les groupes de l'Anhydrite et du Wellenkalk, inconnus jusqu'ici en Franche-Comté, y ont été largement représentés, ce qui explique l'épaisseur, inusitée pour la région, de cette formation; on a trouvé, dans ce Muschelkalk, à $201^{m},50$ et à 203^{m}, deux couches de sel de 15^{cm} à 20^{cm}. Le sel avait été constaté également à

Buix, où existent aussi le groupe de l'Anhydrite et le Wellenkalk, et même à Héricourt, où l'épaisseur de l'étage ne dépasse pas la normale.

Le Grès bigarré (24^m,15) et le Grès vosgien (65^m,65) ont été peu puissants, et il semble bien que le Grès bigarré ne soit, dans cette région, qu'un faciès du Muschelkalk inférieur et que son développement soit en raison inverse de celui de cet étage; la base du Trias que j'avais prévue vers 300^m a été rencontrée à 307^m,90.

Le Permien supérieur gréseux a mesuré 76^m,10 et l'ensemble du Permien moyen et inférieur (argilolithes rouges et lilas avec intercalations de grès et de poudingues) a atteint 265^m. Les prévisions pour l'épaisseur totale du Permien pouvaient osciller entre 350^m et 500^m.

Au-dessous, on a atteint des couches souvent très silicifiées, d'autres fois calcaires, toujours argilolithiques, *rougeâtres*, *vertes*, *grises* et *noires*, de 15^m d'épaisseur, que l'on peut vraisemblablement rapporter au Stéphanien le plus élevé.

Puis on est tombé sur des arkoses granulitiques et des produits de décomposition de la granulite et enfin, à 693^m, sur la granulite; le sondage a été arrêté à 700^m.

Dans tout ce sondage, les couches ont été constamment *subhorizontales* et, jusqu'à la rencontre de la granulite, n'ont présenté aucune discontinuité dans la sédimentation.

Il en résulte donc que, dans les environs de Chazelot, la *zone des Avant-Monts est indiscutablement autochtone* et qu'elle repose sur un substratum *hercynien*, comparable d'une part au Massif de la Serre, et d'autre part à la bordure des Vosges Saônoises. Ceci confirme l'hypothèse que j'ai déjà émise il y a 20 ans, que les zones de Plateaux et les zones peu plissées (Avant-Monts) du Jura reposent sur des *aires anticlinales hercyniennes*, tandis que les zones plissées reposent sur des *aires synclinales* ou sur des *géosynclinaux*.

Cette structure autochtone de la zone des Avant-Monts, à Chazelot, est d'autant plus remarquable que, 30^{km} environ plus au Sud, entre Devecey et Miserey, la zone des Avant-Monts *chevauche assez fortement* les zones jurassiques et infracrétacées de bordure de la vallée de l'Ognon. Or le sondage de Chazelot, placé à moins de 400^m d'*affleurements jurassiques* de ces dernières zones, aurait certainement rencontré, en profondeur, ces affleurements, si le chevauchement, s'atténuant très rapidement dans la direction du Nord-Est, ne se fusionnait avec des successions *absolument normales et autochtones*.

Le sondage de Chazelot laisse peu d'espoir de rencontrer des couches de combustibles d'âge stéphanien : 1° au voisinage immédiat du massif de la Serre; 2° dans la zone des Avant-Monts; 3° au voisinage d'Héricourt; 4° dans une partie du Jura suisse et même dans la zone du Vignoble du Jura français. Au point de vue des recherches futures, il importe de retenir déjà ces trois points décisifs, relatifs à la structure des Avant-Monts : 1° Le Trias inférieur *n'est pas en discordance sur des formations hercyniennes;* il repose sur du *Permien normal* et non *métamorphique;* 2° *L'épaisseur du Permien n'est pas exagérée* (341^{m}); 3° *Il n'existe pas, à la base du Permien*, de *formations pseudo-euritiques*, comme à la Serre.

PHYSIQUE DU GLOBE. — *Mesures magnétiques dans le Bassin de Paris.* Note [1] de M. L. **Eblé**, présentée par M. Daniel Berthelot.

Les mesures magnétiques que j'ai l'honneur de soumettre à l'Académie font partie d'un ensemble ayant pour but l'établissement d'un nouveau réseau magnétique de la France, décidé par la sixième section du Comité Français de l'Union géodésique et géophysique internationale.

Les 41 stations visitées sont, autant que possible, les anciennes stations de Moureaux; 4 sont des stations nouvelles dont les noms figurent *en italique* dans le Tableau ci-contre. On n'a pas toujours pu occuper exactement l'emplacement antérieur, mais on a cherché à s'en rapprocher le plus possible.

Les mesures ont été faites à l'aide du théodolite-boussole et de la boussole d'inclinaison de voyage construits par Brunner, et qui ont servi à Moureaux lui-même pour la plupart de ses déterminations en France. Sauf impossibilité, les mesures ont toujours été faites avec deux barreaux.

Le Tableau suivant donne les éléments magnétiques réduits au 1er janvier 1922.

---

[1] Séance du 18 septembre 1922.

N° d'ordre.	Station.	Département.	D.	I.	H.	Situation magnétique.
1	Juilly	Seine-et-Marne	12°. 1′,1	64°.44′,2	0,19628	calme
2	Meaux	»	11.53,7	64.37,5	19719	presque calme
3	Coulommiers	»	11.32,8	64.30,0	19784	»
4	Neauphle-le-Château	Seine-et-Oise	12.40,9	64.44,1	19641	»
5	Houdan	»	12.29,5	64.41,2	19664	»
6	Dreux	»	12.24,0	64.36,4	19723	agitée
7	Ivry-la-Bataille	Eure	12.29,9	64.46,3	19652	calme
8	Bueil	»	12.34,8	64.54,3	19617	»
9	Mantes	Seine-et-Oise	12.42,9	64.53,6	19567	un peu agitée
10	Meulan	»	12.37,9	64.50,0	19582	presque calme
11	Rambouillet	»	12.24,4	64.36,2	19764	calme
12	Maintenon	Eure-et-Loir	12.14,2	64.28,1	19829	»
13	Chartres	»	12.19,0	64.22,5	19886	très agitée
14	Auneau	»	12. 4,6	64.24,0	19870	presque calme
15	Dourdan	Seine-et-Oise	12.28,5	64.31,8	19790	»
16	*Arpajon*	»	12.16,2	64.29,2	19773	agitée
17	*Montlhéry*	»	12.19,1	64.30,8	19746	»
18	Corbeil	»	12.10,8	64.29,2	19794	un peu agitée
19	Malesherbes	Loiret	12.16,1	64.13,6	19953	»
20	Pithiviers	»	12.13,6	64.13,9	19971	calme
21	Toury	Eure-et-Loir	12. 0,9	64. 9,9	19994	un peu agitée
22	Etampes	Seine-et-Oise	12.27,7	64.28,1	19852	presque calme
23	Brie-Comte-Robert	Seine-et-Marne	12. 3,0	64.28,2	19759	un peu agitée
24	Limours	Seine-et-Oise	12.31,8	64.30,1	19731	presque calme
25	Poissy	»	12.34,0	64.44,6	19632	calme
26	Écouen	»	12.13,4	64.44,6	19612	presque calme
27	La Ferté-sous-Jouarre	Seine-et-Marne	11.40,9	64.37,9	19691	»
28	Chelles	»	12. 0,9	64.29,8	19719	agitée
29	Méru	Oise	12.23,5	64.54,0	19526	calme
30	Beauvais	»	12.26,0	65. 7,3	19412	»
31	*Crèvecœur-le-Grand*	»	12.26,7	65.16,4	19260	presque calme
32	Auneuil	»	12.23,9	65. 0,2	19451	calme
33	Hermes	»	12.19,3	64.59,3	19459	»
34	Neuilly-en-Thelle	»	12.18,3	64.52,1	19542	»
35	Gretz	Seine-et-Marne	11.56,7	64.32,8	19756	»
36	Mormant	»	11.53,9	64.24,1	19812	»
37	*Nangis*	»	11.46,3	64.21,8	19859	»
38	Provins	»	11.36,0	64.22,3	19890	»
39	Esternay	Marne	11.33,2	64.28,4	19829	»
40	La Ferté-Gaucher	Seine-et-Marne	11.36,5	64.28,5	19801	agitée
41	Mortcerf	»	11.45,6	64.29,3	19767	un peu agitée

Les mesures précédentes, comparées à celles du réseau de Moureaux pour les stations communes, donnent la variation séculaire des éléments magnétiques entre le 1[er] janvier 1896 et le 1[er] janvier 1922. Cette variation est sensiblement la même pour les stations visitées; elle est en moyenne de

— 2°58′ pour la déclinaison,
— 0°32′ pour l'inclinaison,
+ 0,0014 pour la composante horizontale.

Ce sont presque exactement les valeurs obtenues à la station centrale du Val-Joyeux (— 2°58′, — 0°32′ et + 0,0015).

Les écarts sont répartis d'une manière quelconque et n'excèdent pas 5′ pour la déclinaison, 6′ pour l'inclinaison, 0,0004 pour la composante horizontale. Ils ne nous semblent pas dépasser ceux qui peuvent résulter des erreurs d'expérience; nous ne croyons donc pas qu'on ait le droit de supposer que l'anomalie magnétique du Bassin de Paris se soit déformée, du moins dans sa partie septentrionale.

Ces mesures ont été poursuivies au cours de l'été de 1922; nous ferons connaître ultérieurement les résultats obtenus pendant cette nouvelle campagne.

BIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Influence de la lumière sur la formation de l'anthocyanine dans les écailles des bulbes de Lis.* Note (¹) de M. Marcel Mirande, transmise par M. Guignard.

Dans une précédente Note (²), j'ai montré que les écailles des bulbes de certains Lis, détachées et exposées à la lumière, produisent de l'anthocyanine dans leurs assises sous-épidermiques.

La pigmentation peut être obtenue avec la lumière du jour ou avec des sources de lumière artificielle. J'étudie, dans la présente Note, l'influence de l'intensité de la lumière et de ses diverses radiations sur la production du phénomène.

Intensité. — Pour provoquer la pigmentation anthocyanique, la lumière ne doit pas dépasser une certaine intensité. Quelle que soit l'altitude, le phénomène ne se produit jamais à la lumière solaire directe : les écailles se fanent très rapidement. Il ne se produit qu'en lumière diffuse, mais pas à toutes les altitudes : ainsi, à 2000^{m}, à la

---

(¹) Séance du 18 septembre 1920.
(²) Séance du 4 septembre 1922.

lumière diffuse d'un ciel découvert, la pigmentation ne se produit pas; à une altitude moyenne, 300^{m} par exemple, la pigmentation se fait d'une manière rapide.

Pour avoir une appréciation relative de l'intensité efficace au rougissement, j'ai construit six filtres de lumière au moyen de couches superposées d'une fine étoffe de soie blanche, tendues sur des cadres cylindriques de tôle; ces filtres étaient respectivement constitués par 1, 2, 3, 4, 5 et 6 épaisseurs de ce tissu; ces filtres, exposés à la lumière solaire *directe*, laissent passer une lumière dont l'intensité va en diminuant du filtre I au filtre VI. Les pouvoirs transmissifs de ces filtres, pour une lumière d'intensité donnée, calculés au moyen d'un photomètre, sont respectivement :

I.	II.	III.	IV.	V.	VI.
0,53	0,39	0,22	0,13	0,089	0,07

Les écailles de Lis, placées sur des soucoupes et recouvertes de ces filtres, sont exposées à la lumière *directe* du soleil.

Des expériences faites en août ont donné les résultats suivants : le rougissement ne se produit jamais sous l'écran I qui laisse passer 0,53 de la radiation solaire directe; à 300^{m} d'altitude, le rougissement commence sous l'écran II d'une manière faible, il est *maximum* sous l'écran III; à 600^{m}, le rougissement commence en III et a son maximum sous l'écran IV; à 2000^{m}, le rougissement commence en IV, et même en III, mais a son *maximum* en intensité et en rapidité, sous l'écran VI, qui ne laisse passer que 0,07 de la radiation directe.

Réfrangibilité. — Les écailles placées en lumière *diffuse*, sous un écran d'eau ou de verre qui arrête les rayons *ultraviolets*, et sous un écran d'alun (dissolution concentrée) qui arrête, en outre, les radiations infrarouges et la portion thermique des radiations lumineuses, se pigmentent plus rapidement qu'en position ordinaire. En lumière solaire *directe*, sous ces écrans, de même qu'à nu, la pigmentation peut se produire.

A l'altitude de 2000^{m} et en lumière diffuse, où la pigmentation ne se produit pas sur des écailles placées à nu, elle se produit sous un écran d'eau ou de verre. A cette altitude, ce sont donc les rayons ultraviolets, encore trop actifs même en lumière diffuse, qui s'opposent au rougissement anthocyanique.

Les seules radiations actives sur le rougissement sont donc celles de la partie lumineuse du spectre.

Pour l'étude de l'influence des diverses radiations, j'ai utilisé d'abord la méthode des écrans liquides. Les deux écrans classiques au bichromate de potassium et au sulfate de cuivre ammoniacal, réglés de manière à partager le spectre en deux parties à partir du λ 551, montrent que la région active, dans le rougissement, est celle de la partie bleue; le rougissement est faible et parfois nul dans la partie rouge. Sous un écran de fuchsine alcoolique, laissant passer les radiations rouges de λ 620 à λ 765, on obtient un peu de rougissement. Sous un écran de chlorure de nickel, ne laissant

passer que le vert, le rougissement est nul. Sous l'écran au bichromate, où le rougissement est faible ou nul, c'est l'influence annihilante du vert qui domine.

On sait que les verres colorés du commerce (à part certains verres rouges) ne sont pas monochromatiques. Mais, bien choisis au spectroscope, on peut trouver des verres dont l'action de certaines de leurs radiations est prépondérante. J'ai pu constater ainsi que des verres, dont la partie la plus active est l'indigo, donnent le meilleur rougissement, tandis que les verres où le vert est le plus actif sont sans effet sur le rougissement.

Enfin j'ai utilisé avec succès, dans des expériences nombreuses qui m'ont donné des résultats identiques, les filtres monochromatiques Wratten (Kodak limited Kingsway, London, W. C.) désignés par le fabricant par les lettres L, α, β, γ, δ, ε, η, θ. Ces filtres de lumière (lames de gélatine colorées placées entre deux lames de verre) dont la courbe d'absorption spectro-photométrique et le pourcentage transmissif sont exactement calculés, possèdent, en $\mu\mu$, les longueurs d'ondes moyennes suivantes :

α.	β.	γ.	δ.	ε.	η.	θ.	L.
720	635	612	575	538	492	435	435

(L laisse passer les radiations de 390 à 480; θ, de 400 à 470).

Cette méthode, très exacte, montre que les rayons les plus actifs sont les bleus et indigos (L et surtout θ, car L laisse passer des ultraviolets); les rayons rouges (α) agissent, mais beaucoup moins; les rayons verts (ε) sont sans action. Cette méthode corrobore, en resserrant les limites de l'action des diverses radiations, les résultats obtenus ci-dessus avec les écrans liquides et les verres ordinaires du commerce. Elle permet en outre de tracer la courbe de la pigmentation, qui montre un premier maximum dans le rouge, un maximum beaucoup plus important dans le bleu indigo et un minimum dans le vert.

HISTOLOGIE. — *Sur l'existence d'une glande ovarienne, homologue de la glande interstitielle testiculaire.* Note de M. **L. Berger** transmise par M. Roux.

Le hile de l'ovaire de la femme adulte contient toujours de petits organes, dont les caractères morphologiques et évolutifs sont ceux des paraganglions.

Ces organes sont situés dans les intervalles des vaisseaux du *rete ovarii*. On peut cependant en rencontrer jusque dans le mésovaire ou dans le stroma ovarien.

Leur nombre, leur morphologie et leurs dimensions sont très variables : tandis que les uns sont réduits à quelques cellules, d'autres atteignent jusqu'à 2^{mm} de diamètre. Les uns sont formés par des amas ou files de cellules disposées comme au hasard dans les interstices du tissu conjonctif ou des nerfs, les autres constituent de véritables glandules à structure trabéculaire ou alvéolaire.

Ils méritent d'être rapprochés des autres organes paraganglionnaires :

a) Par la morphologie de leurs cellules : grandes cellules acidophiles à noyau rond ou fripé, à chromatine finement réticulée, montrant un gros nucléole distinct. Le protoplasme est granuleux ou grumeleux dans son ensemble ou compact au centre et clair, souvent spumeux, à sa périphérie ; les limites cellulaires sont parfois indécises.

b) Par leurs rapports avec les nerfs : on trouve ces cellules à l'intérieur des nerfs sympathiques, en files ou en amas entre les fibres de Remak, groupées en gaines autour des nerfs ou disposées enfin en amas trabéculaires ou alvéolaires dans les intervalles conjonctifs qui séparent les nerfs. Toutes ces formations sont reliées plus ou moins intimement entre elles et avec les fibres nerveuses.

c) Par leur abondante vascularisation : reliées ou non aux nerfs, les cellules prennent intimement contact avec les capillaires ou les petits vaisseaux. Isolées, les cellules se rangent le long des capillaires ; leurs amas compacts sont pourvus d'un important réseau circulatoire.

d) Par la présence d'un pigment : celui-ci, de couleur brune, donne une réaction négative à l'argent et au ferrocyanure de potassium. Il est souvent rassemblé en petits amas arrondis au milieu du protoplasme.

e) Par la présence d'un cristalloïde identique à celui que Stoerk et Haberer [1] ont décrit dans certaines cellules de la médullo-surrénale. Celui-ci est cylindrique ou en forme de massue légèrement incurvée et peut atteindre les extrémités opposées d'une cellule. Il s'y trouve à un ou plusieurs exemplaires.

f) Par la *chromaffinité d'une partie de leurs cellules*.

Ces organes diffèrent cependant des paraganglions classiques par l'époque tardive de leur formation, par leur renouvellement continuel postembryonnaire et par leur polymorphisme très prononcé. Ils semblent disparaître avec ou après la ménopause.

Ayant constaté la constance de ces organes chez la femme, je les ai cherchés et retrouvés chez l'homme.

Ils siègent au niveau des nerfs amyéliniques dirigés vers le testicule et cheminant dans l'albuginée ; les nerfs épididymaires en sont toujours dépourvus. Leur aspect dans le testicule est en tous points analogue à celui

---

(1) Stoerk et Haberer, *Beitrag zur Morphologie des Nebennierenmarkes* (*Arch. mikr. Anat.*, t. 72, 1908, p. 481).

que j'ai décrit dans l'ovaire : amas intranerveux, gaines périneurales, gros amas paranerveux. La morphologie cellulaire en est la même jusque dans les plus petits détails. Ce tissu est donc homologue à celui du hile de l'ovaire.

Or, sur certains points, ces amas se continuent directement avec les cellules interstitielles du testicule. On s'aperçoit alors de leur identité morphologique : même noyau, même protoplasme, même cristalloïde, mêmes variations d'aspect. Le nombre et l'aspect des éléments paranerveux et des éléments interstitiels proprement dits subissent des variations de même ordre : dans l'atrophie des éléments interstitiels, les amas paranerveux diminuent; dans l'hypertrophie, ils augmentent; à des cellules interstitielles claires correspondent des cellules paraganglionnaires claires, à des cellules interstitielles sombres, à protoplasme compact, des cellules paraganglionnaires également sombres et compactes.

Conclusions. — Les organes paraganglionnaires du hile de l'ovaire ont leurs homologues dans les amas cellulaires localisés dans les nerfs sympathiques du hile testiculaire et de l'albuginée ou à leur voisinage. Les amas paranerveux du testicule se continuent avec les éléments interstitiels et suivent toutes leurs variations morphologiques et évolutives. Ils semblent donc former avec eux un ensemble.

Les organes de l'ovaire seraient alors les homologues de la glande interstitielle du testicule; mais tandis que leur masse considérable dans le testicule gêne l'étude de leurs rapports, leur petit nombre dans l'ovaire permet de mieux apprécier leur signification. Et comme ils ont, dans l'ovaire, les attributs d'éléments paraganglionnaires, on peut se demander si la glande interstitielle du testicule n'est pas elle-même à considérer comme paraganglion.

MORPHOLOGIE. — *Le dilatateur de la pupille chez les Sélaciens.* Note [1] de M. L. Carrère, transmise par M. Henneguy.

La musculature irienne des Sélaciens est très inégalement développée dans les divers secteurs de l'iris. Dans une Note précédente, j'ai étudié la topographie, si particulière, du sphincter, et j'ai montré que la disposition de ce muscle est en corrélation étroite avec la forme de la pupille et la présence d'un opercule. Il en est de même pour le dilatateur.

---

[1] Séance du 18 septembre 1922.

Chez tous les Poissons cartilagineux, le dilatateur de la pupille est exclusivement représenté par une différenciation, plus ou moins avancée dans le sens musculaire, de la lame antérieure de *pars iridica retinæ*, de la cupule optique. C'est donc une différenciation du même ordre que celle de la membrane de Henle chez les Mammifères. En effet, chez ces Poissons, on ne trouve pas de fibres radiées dans l'épaisseur du stroma ainsi qu'il en existe chez les Téléostéens (Grynfeltt). Il ne faut pas, non plus, attribuer au dilatateur certains éléments musculaires, allongés dans le sens transversal, et qui, plus ou moins intriqués avec les cellules musculaires concentriques, arrondies, forment avec ces dernières ce que Franz a appelé « un complexe de fibres musculaires ». Ces éléments, dont l'orientation n'est pas rigoureusement concentrique à la pupille, doivent être considérés, malgré leur obliquité, comme faisant partie du sphincter. D'ailleurs, d'une façon à peu près constante dans la série des Vertébrés, les éléments du dilatateur occupent une position périphérique, par rapport à ceux du sphincter, ou, tout au moins, par rapport à la partie de la cupule optique qui a donné naissance aux éléments du sphincter.

Les éléments du dilatateur, comme ceux du sphincter, présentent une répartition, variable selon les secteurs de l'iris, en harmonie avec l'asymétrie pupillaire.

Chez le *Scyllium* (*S. catulus*, *S. canicula*), dans les régions où le sphincter est bien développé, la membrane dilatatrice va d'un bord à l'autre de l'iris ou, plus exactement, du bord externe du sphincter à la périphérie (bord ciliaire). Quand le sphincter diminue d'épaisseur, le dilatateur réduit de plus en plus sa longueur à partir du bord pupillaire, de telle sorte que, quand le sphincter fait défaut, on ne trouve, dans les parties périphériques des secteurs correspondants, qu'un dilatateur fort réduit et localisé au voisinage du bord pupillaire (quart externe de l'iris).

Ces dispositions se retrouvent chez *Trygon pastinaca*. Chez les Raies (*R. mosaïca*, *punctata*, *miraletus*), l'appareil dilatateur est encore plus réduit; il n'existe qu'aux deux extrémités du diamètre horizontal de l'iris, où il est représenté par des myoïdes, c'est-à-dire par des éléments auxquels manquent les myofibrilles, mais qui sont doués d'une certaine muscularité.

En résumé, chez les Sélaciens, le dilatateur de la pupille présente dans sa répartition des particularités intéressantes jusqu'ici méconnues. La topographie de ce muscle est en relation étroite avec celle du sphincter chez ces mêmes animaux; il y a une proportionnalité manifeste entre la présence de l'un et l'importance de l'autre.

EMBRYOGÉNIE. — *Le ptérygoïde cartilagineux des Urodèles.* Note (¹) de M. **Paul Wintrebert**, transmise par M. Henneguy.

De nombreux anatomistes ont étudié la voûte palatine des Urodèles (Cuvier, 1837; Friedreich et Gegenbaur, 1849; Owen, 1866; O. Hertwig, 1874; Wiedersheim, 1877; Parker, 1877; Stöhr, 1879; Winslow, 1898; Gaupp, 1901, 1906; etc.). Ils ont décrit surtout les parties dures, os et cartilages, chez un grand nombre d'espèces, mais n'ont pas tenu suffisamment compte de l'élément fibreux qui complète les dispositions du squelette et permet souvent de les expliquer.

J'ai tenté chez quelques animaux, *Salamandra maculosa* Laur, *Amblystoma tigrinum* Green, *A. punctatum* Grav., de saisir les rapports qui, *à chaque phase de la croissance*, lient entre eux et aux organes voisins les trois éléments constitutifs de l'appareil ptérygo-palatin, os, cartilage, ligaments, et de déterminer la cause de leur agencement réciproque. La connaissance des mécanismes actuels par lesquels les organes s'édifient est, en effet, d'une aide très efficace dans l'interprétation des documents fournis par l'Anatomie comparée.

Le caractère primitif de l'arc osseux larvaire ptérygo-palatin n'est pas douteux; il est l'homologue de la région palatine du palato-carré des Poissons. Cette notion est généralement admise; mais en l'acceptant il devient difficile de comprendre pourquoi la partie cartilagineuse de l'arc ne suit pas la pièce osseuse. Le ptérigoïde cartilagineux est souvent réduit, et l'on peut estimer que cette réduction tient, comme chez les Dipneustes (*Lepidosiren*, *Protopterus*), au développement précoce du squelette osseux. Cependant il n'est pas seulement dégénéré; il suit, en outre, une autre voie que l'arc osseux larvaire; au lieu de se diriger en avant et en dedans vers la région ethmo-nasale, il se dévie en dehors et s'oriente vers la pointe du maxillaire. Son trajet, ainsi que l'a montré Wiedersheim (1877), est presque le même que celui de l'arcade latérale des Anoures, qui s'étend de l'extrémité distale du carré au processus maxillaire postérieur de la boîte cranienne.

De là à considérer le ptérygoïde cartilagineux des Urodèles comme une formation secondaire (Gaupp), comme dégénéré par rapport à l'anse cartilagineuse complète des Anoures, il n'y a qu'un pas.

Convaincu de l'origine primitive des Urodèles par les résultats de

---

(¹) Séance du 18 septembre 1922.

travaux antérieurs ([1]), j'ai cherché la cause pour laquelle les ptérygoïdes osseux et cartilagineux ont un parcours larvaire différent et je pense l'avoir trouvée dans la disposition des éléments fibreux de la région.

Le ptérygoïde cartilagineux, né tardivement, bien après le développement du ptérygo-palatin, de la partie interne du cartilage carré qui avoisine son milieu, s'applique immédiatement à la face dorsale de l'aile ptérygoïdienne, le long du bord interne de celle-ci; il se dirige d'abord directement en avant, à distance du trabécule cranien et parallèlement à lui. Il est dès sa naissance inclus dans une gaine fibreuse émanée de la paroi interne de la loge temporale. Parvenu à la face antérieure de celle-ci, *il trouve devant lui le fascia prétemporal*, qui sépare cette loge de la région orbitaire; il ne peut vaincre cet obstacle, et le longe en se dirigeant avec lui en dehors vers le maxillaire.

A l'endroit de sa rencontre avec la cloison interorbitotemporale, on observe parfois la formation d'un renflement cartilagineux, d'un bouton, comme si le ptérygoïde, empêché de continuer sa marche en avant, se développait sur place, en largeur et en épaisseur; le globule formé peut même être terminal (*A. tigrinum*); mais il est plus fréquent de constater au-devant de l'aile osseuse ptérygoïdienne une déviation franche de la tige cartilagineuse en dehors, sans aucun changement de calibre (*Salamandra maculosa*); dans ce cas la tige est libre dans sa gaine; elle est indépendante des tissus fibreux qui l'environnent; les renflements qui se forment sur son trajet présentent, au contraire, des adhérences avec les faisceaux fibreux avoisinants et l'on doit penser que ces adhérences sont produites par irritation, au moment d'un stationnement prolongé du ptérygoïde devant un obstacle ligamenteux difficile à franchir.

Pendant la vie larvaire, le ptérygoïde cartilagineux n'atteint pas la région du maxillaire supérieur; mais, au cours de la métamorphose, il présente chez quelques animaux une croissance très vive. Il en est ainsi chez *Salamandra maculosa* et chez *Amblystoma punctatum;* par contre, chez *A. tigrinum* l'allongement est très faible.

Pour tous les auteurs, depuis Wiedersheim (1877), le ptérygoïde cartilagineux de l'adulte parfait se dirige vers l'extrémité externe du cartilage antorbital, dont il se rapproche plus ou moins, suivant qu'il est plus ou moins long, en longeant la face interne du maxillaire supérieur. C'est en effet le chemin qu'il prend chez *A. punctatum*, et j'ai constaté qu'il va plus loin dans cette voie, chez cet animal, que Wiedersheim ne l'indique

---

([1]) *Soc. de Biologie*, t. 68, 1910, p. 300, 419, 617; t. 69, p. 78, 173.

(Pl. XXIII, fig. 76 et 77); car il s'unit au cartilage antorbital par un ligament. Mais chez *Salamandra maculosa* son orientation est tout à fait différente et n'a pas été décrite. Sorti de la gouttière dorsale du ptérygoïde osseux, il se dirige en avant et en dehors au-dessus de la corde fibreuse quadrato-maxillaire interne. Le coude de déviation en dehors de la tige cartilagineuse s'est effacé, car la conversion en dehors du ptérygoïde osseux (¹) pendant la métamorphose a déterminé chez l'adulte l'orientation parallèle des deux ptérygoïdes.

Le ptérygoïde cartilagineux ne se rend pas directement à la pointe du maxillaire; celui-ci s'est beaucoup allongé en dehors de la loge temporale, de sorte que le fascia prétemporal, la corde quadrato-maxillaire et l'aponévrose temporale interne, placés en dedans du maxillaire, n'aboutissent à sa pointe que par un trajet récurrent en arrière.

Le ptérygoïde cartilagineux effectue une courbe semblable, mais il se tient sur un plan plus élevé que la corde quadrato-maxillaire; *il se recourbe en dehors, avec la paroi temporale, mais passe au-dessus du maxillaire;* il adhère fortement à la partie postérieure de l'anneau fibreux périorbitaire; puis se dirigeant se termine *en crochet*, au milieu des faisceaux fibreux de la paroi temporale externe, avec lesquels il est en intime connexion.

Ainsi, forcé dès la période larvaire, par la présence du fascia prétemporal, à se dévier en dehors, le ptérygoïde cartilagineux des Urodèles, inclus dans la paroi interne de la loge temporale, peut, au moment de la métamorphose et chez l'adulte parfait, suivre deux voies : la voie juxtamaxillaire (*Pranodon*, *Amblystoma punctatum*), ou la voie circumtemporale (*Salamandra maculosa*); et le déterminisme de son trajet semble dépendre de la longueur du maxillaire supérieur et du parcours plus ou moins complexe et recourbé qu'il doit effectuer pour atteindre la face interne et la pointe de cet os.

La voûte palatine des Urodèles passe par deux phases, une première larvaire, pisciforme, une deuxième définitive où les éléments de l'arc denté interne, remaniés, soutiennent en dehors l'arc denté maxillaire, devenu prévalent. L'évolution du ptérygoïde cartilagineux aide à comprendre la manière dont a pu se former l'arcade cartilagineuse du type maxillaire aux dépens de l'anse cartilagineuse primitive du type ptérygo-palatin.

La séance est levée à 15 heures trois quarts.

É. P.

(¹) *La formation du ptérygoïde osseux définitif pendant la métamorphose des Salamandridæ* (*Soc. de Biologie*, t. 87, 1922, p. 595).

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 2 OCTOBRE 1922.

PRÉSIDENCE DE M. ALBIN HALLER.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. **Henri Lecomte** donne lecture de la Notice suivante :

Le Correspondant que l'Académie vient de perdre, M. **Jules-Aimé Battandier**, professeur à la Faculté de Médecine et de Pharmacie d'Alger, s'était fixé en Algérie depuis 1879 et avait consacré sa vie à l'étude de la flore de l'Afrique du Nord. Il était devenu, depuis de longues années, le maître incontesté de la Botanique nord-africaine et tous les voyageurs naturalistes, désireux de se familiariser avec la végétation de ce pays, ne manquaient pas de solliciter ses conseils et de recourir à ses lumières.

Une première étape dans la connaissance de la flore de l'Afrique du Nord fut marquée par la publication, en 1799, de *Flora atlantica*, de Desfontaines.

De la conquête d'Alger en 1830 et de la période d'établissement de la domination française, date une nouvelle ère d'étude. Bory de Saint-Vincent et Durieu de Maisonneuve furent chargés de l'exploration du pays; après la mort de Bory, le botaniste Cosson était adjoint à Durieu en 1852 et devenait plus tard lui-même chef de la mission. On doit à Cosson, qui fut membre de notre Compagnie, un très grand nombre de travaux relatifs à la flore de l'Algérie et il avait entrepris de réunir, en un ouvrage d'ensemble, le *Compendium floræ atlanticæ*, le résultat de toutes les études entreprises, quand la mort vint le surprendre. Le *Compendium* ne comprenait alors qu'un premier fascicule allant des Renonculacées aux Crucifères.

M. Battandier se proposa de continuer l'œuvre de Cosson. Il ne se contenta pas d'explorer, avec une remarquable sagacité, toutes les régions de l'Algérie et de découvrir un grand nombre d'espèces nouvelles; mais,

avec le concours de son collègue M. Trabut, il publia d'abord une *Flore d'Alger*, puis plus tard une œuvre plus complète, intitulée *Flore d'Algérie et Catalogue des plantes du Maroc* et enfin un *Atlas de la Flore d'Algérie*, consacré à l'étude spéciale des espèces nouvelles ou critiques les plus remarquables du nord de l'Afrique.

En 1919, Battandier couronnait son œuvre, si laborieuse et si homogène, par la publication de ses *Contributions à la Flore atlantique*, comportant l'étude critique et la description de nombreuses espèces nouvelles découvertes par lui-même ou par ses collaborateurs. Dans un touchant Avant-Propos, l'auteur annonçait qu'étant donné son grand âge, ce travail serait sans doute sa dernière production.

Botaniste jusqu'à son dernier jour, Battandier, que l'Académie des Sciences avait élu Correspondant en 1918, est donc mort sur la brèche, laissant à tous les botanistes qui ont eu l'occasion de le connaître et de l'apprécier, le souvenir d'un confrère d'une inépuisable obligeance et d'un savant aussi modeste que consciencieux.

Son nom restera attaché, avec celui de son prédécesseur Cosson, à une œuvre qui nous a fait connaître les productions végétales de l'Afrique du Nord et qui a été le guide le plus sûr pour la colonisation agricole de ce grand pays.

M. **Émile Picard** dépose sur le bureau de l'Académie la troisième édition du Tome I de son *Traité d'Analyse*. De nombreux compléments ont été introduits dans la première et la seconde partie de ce volume, où l'on trouve en particulier les leçons faites il y a quelques années à la Sorbonne sur les séries trigonométriques et des questions qui s'y rattachent, ainsi que sur les fonctions harmoniques et les potentiels newtoniens de simple et de double couche avec des applications diverses.

ASTRONOMIE PHYSIQUE. — *Émission des rayons X, ultra X et corpusculaires par les corps célestes.* Note de M. **H. Deslandres**.

L'émission par les astres de ces rayonnements, et en particulier des rayons X et cathodiques [1], a été déjà envisagée et recherchée par divers

[1] Les rayons X sont constitués comme les rayons γ du radium, qui ont seulement une fréquence plus grande. Les rayons ultra X, considérés dans cette Note, ont une fréquence encore plus grande. De même les rayons β sont rapprochés des rayons catho-

auteurs. Les deux sortes de rayonnements, d'ailleurs, X et cathodiques, ne sont pas séparables; car, chacun d'eux lorsqu'il rencontre un corps, donne naissance à l'autre; et cette dépendance a été bien mise en relief par de Broglie. Mais leurs propriétés sont différentes : le rayon X se meut en ligne droite et est beaucoup plus pénétrant; le rayon cathodique est courbé facilement par un champ magnétique suivant un élément d'hélice, ou encore par un champ électrique. Les trajectoires de la particule électrisée du rayon cathodique, sous l'influence d'un champ magnétique analogue au champ terrestre, ont été révélées par les longs calculs de Störmer; elles sont très curieuses et beaucoup plus variées que les trajectoires dues à la gravitation.

I. Dans plusieurs Notes de 1896 à 1922 (1) j'ai admis l'émission de rayons cathodiques et X par le Soleil, et aussi par le noyau des nébuleuses. On explique ainsi les rayons de la couronne solaire, les aurores boréales et les perturbations magnétiques de notre Terre, le lien avec les taches solaires, et même le retard de ces perturbations par rapport au passage de la tache dans le méridien central de l'astre, retard dû à la déviation qui est imposée par le champ magnétique solaire extérieur. La même idée a été présentée aussi en 1896 par Birkeland, qui a poussé plus loin l'investigation; il a pu reproduire dans le laboratoire quelques-uns des phénomènes de l'aurore boréale avec une petite sphère placée dans le vide, aimantée comme la Terre et soumise à un rayonnement cathodique. Puis les recherches, à la fois théoriques et expérimentales, de Störmer ont fait faire un grand pas à la question; elles ont mis presque absolument hors de doute l'émission par le Soleil de rayons cathodiques ordinaires. Avec ces rayons, Störmer explique les moindres détails de l'aurore boréale, si riche en faits singuliers. Même il a pu remonter à l'origine des rayons dans le Soleil et déterminer la valeur du champ magnétique solaire extérieur. Cette valeur, très faible et égale à 10^{-7} gauss, est exactement celle que j'ai trouvée, en 1911, par une autre méthode, en m'appuyant sur les vitesses radiales des protubérances solaires enregistrées à Meudon.

---

diques. Quant aux rayons α ou positifs ou anodiques qui jouent un grand rôle dans l'ionisation, en général, ils sont absorbés très vite et s'éloignent très peu de leur origine.

(1) Voir *Observations de l'éclipse totale de* 1893 (Gauthier-Villars, 1899); *Comptes rendus*, t. 126, 1898, p, 1323; t. 134, 1902, p. 1134 et 1486; t. 150, 1910, p. 65; t. 152, 1911, p. 1453; t. 155, 1912, p. 1573; t. 157, 1913, p. 517; t. 171, 1920, p. 451; t. 172, 1921, p. 405 et 709; t. 175, 1922, p. 121.

La Terre présente aussi ces rayonnements spéciaux. Les corps radioactifs de son écorce solide et de son atmosphère émettent des rayons α, β, γ qui ionisent les gaz atmosphériques et expliquent en partie la permanence du champ électrique terrestre. Si l'on veut expliquer le champ tout entier, il faut admettre des rayons émanés de l'extérieur, très pénétrants et même plus pénétrants que tous les rayons X connus. De plus, lorsqu'on s'élève dans l'atmosphère comme l'a fait Kohlhörster, qui est monté jusqu'à 9000^{m}, le nombre d'ions formés par seconde dans un récipient clos augmente rapidement, et à 9000^{m}, il est huit fois plus élevé qu'à la surface du sol. La radiation pénétrante croît donc fortement avec l'altitude; elle provient probablement du Soleil, directement ou indirectement, ou peut-être même de l'espace cosmique (¹); son origine exacte est à déterminer.

Tels sont les premiers résultats; ils sont extrêmement intéressants, mais encore fort incomplets; l'étude commencée doit être poursuivie par tous les moyens dont nous disposons.

II. Les recherches sur l'atmosphère des étoiles jaunes, poursuivies à Meudon, depuis 1922, avec Burson, m'ont conduit à admettre dans ces étoiles un rayonnement X extrêmement pénétrant, émis par les couches intérieures ou le noyau de l'astre. Ce résultat a été présenté très brièvement dans les Notes antérieures (²); je l'expose aujourd'hui avec tous les détails utiles.

Le Soleil, qui est une étoile jaune et naine, offre, comme on sait, dans le

---

(¹) La Terre émet aussi probablement un rayonnement X très pénétrant, plus pénétrant que le rayonnement γ du radium; il a été admis par quelques auteurs. Mais, s'il existe, il est relativement faible; et il n'a pas été séparé nettement encore du rayonnement X très pénétrant, venu de l'extérieur.

(²) Voir les Notes : *Sur la reconnaissance dans les étoiles des couches successives de leur atmosphère et des variations périodiques de ces couches* (*Comptes rendus*, t. 171, 1920, p. 451, par Deslandres); et *Recherches sur l'atmosphère des étoiles, Reconnaissance d'étoiles qui ont les mêmes brillantes de l'Atmosphère que le Soleil* (*Comptes rendus*, t. 172, 1921, p. 405); *Recherches sur l'atmosphère des étoiles, Reconnaissance de la couche supérieure dans quelques étoiles et comparaison avec le Soleil* (*Comptes rendus*, t. 172, 1921, p. 479); *Recherches sur l'atmosphère des étoiles, Propriétés des étoiles qui ont les mêmes radiations et les mêmes couches de la chromosphère que le Soleil* (*Comptes rendus*, t. 175, 1922, p. 121, par Deslandres et Burson).

Nous publierons prochainement, Burson et moi, quelques résultats nouveaux. En particulier, nous avons constaté dans quelques étoiles géantes que la raie H_3 ou K_3 de la couche supérieure est déplacée vers le rouge, et la raie H_2 ou K_2 de la couche moyenne déplacée vers le violet, ainsi que dans le Soleil.

spectre de sa lumière générale ([1]), trois groupes de raies du calcium, H_1 ou K_1, H_2 ou K_2, H_3 ou K_3, faibles, mais bien distinctes, qui représentent respectivement les couches basse, moyenne ou supérieure, de son atmosphère gazeuse ou chromosphère. Nous avons retrouvé, Burson et moi, ces mêmes raies, en particulier les raies H_2 et K_2, H_3 et K_3, dans plusieurs étoiles, qui sont également jaunes, mais géantes, et avec cette particularité que les raies comparées au spectre continu voisin sont plus brillantes et plus larges que dans le Soleil. Ces couches moyenne et supérieure de la chromosphère sont plus lumineuses et importantes que les couches solaires correspondantes.

Cependant les deux étoiles, l'une géante et l'autre naine, ont à la surface la même composition chimique, la même température et le même éclat par centimètre cube. Comment expliquer la différence entre les éclats de leurs atmosphères?

Les couches atmosphériques sont décelées par les radiations H et K, qui, on le sait maintenant avec certitude, sont émises par l'atome du calcium ionisé. Si donc on considère dans chaque étoile un tube normal à la surface, de section égale à l'unité, et allant de la surface aux limites extérieures de l'atmosphère, l'éclat de chaque couche dans le tube est proportionnel ou tout au moins étroitement lié au nombre d'ions formés par seconde dans chaque couche. Le nombre des ions formés est donc plus grand dans l'étoile géante. Or une des causes principales d'ionisation, déjà signalée, est l'émission intense d'électrons par la surface portée dans les étoiles jaunes à une température voisine de 6000°; mais l'effet de cette cause est le même dans les deux types d'étoiles. Pour expliquer l'éclat plus grand dans l'étoile géante, il faut que cette dernière offre une autre cause d'ionisation qui lui soit spéciale ou soit plus importante que dans l'étoile naine. La cause supplémentaire principale me paraît être un rayonnement pénétrant émis par les couches intérieures de l'astre; ce rayonnement est plus fort dans l'étoile géante, qui a une masse plus grande et donc des températures intérieures plus élevées.

Dans un exemple cité par Eddington ([2]), la température au centre atteint 4650000°, la masse étant seulement une fois et demie celle du Soleil. La longueur d'onde d'éclat maximum, pour un corps noir à cette tempéra-

---

([1]) Le spectre de la lumière générale est celui que donnerait le Soleil s'il était aussi éloigné de nous que les étoiles,

([2]) *Astrophysical Journal*, t. 48, 1918, p. 205 à 214.

ture, est de 6 angströms, elle correspond à un rayon X voisin de l'ultraviolet et peu pénétrant; mais, d'après la théorie, le rayonnement s'étend beaucoup plus loin vers les longueurs d'onde très courtes dont la pénétration est beaucoup plus grande; et l'intensité de ces radiations extrêmes croît avec la température de l'astre. L'émission de radiations particulièrement pénétrantes par l'étoile géante est donc admissible.

De plus, avec les étoiles géantes qui sont dans la phase où la température s'élève, les atomes sont dissociés, et leur rupture entraîne une émission intense de rayons α, β et γ. A noter que l'on a signalé récemment des rayons du radium, beaucoup plus pénétrants que tous ceux déjà connus, et dont la source serait dans le noyau même de l'atome.

Tous ces rayonnements de très haute fréquence et de grande pénétration ne forment en réalité dans les étoiles jaunes qu'une partie très infime de leur rayonnement total; mais leurs propriétés électriques remarquables leur assurent un rôle important dans les phénomènes électriques des atmosphères. Leur existence n'est pas d'ailleurs présentée comme certaine, mais comme très probable. En fait, nous connaissons mal les propriétés de la matière à l'intérieur des étoiles près de la surface et dans l'atmosphère; et, comme il arrive souvent pour l'Astronomie, les déductions reposent sur de grandes extrapolations. Aussi, dans les conclusions, la prudence s'impose.

On a beaucoup discuté sur la nature de la surface solaire. A mon avis, toute théorie et toute explication mises à part, cette surface est un simple fait d'expérience; c'est une surface de discontinuité, à bord net et tranché, et telle que la lumière émise à l'intérieur est beaucoup plus intense qu'à l'extérieur. J'appelle atmosphère tout ce qui est en dehors d'elle. D'ailleurs le mot surface ne doit pas être entendu strictement avec son sens géométrique; on a, en réalité, une couche lumineuse relativement mince qui, à la distance où nous sommes d'elle, apparaît sans épaisseur. On a écrit souvent que la surface solaire était celle d'un nuage formé de particules incandescentes liquides ou solides; s'il en était ainsi, dans toutes les étoiles jaunes de même température, géantes ou naines, la pression des gaz à la surface devrait être la même. Mais on a objecté que nous ne connaissons pas de matière qui reste liquide à la température de 6000°. On a préconisé aussi la théorie optique de Schmidt, qui est séduisante; tout bien examiné, elle ne s'applique pas au Soleil. Disons simplement que, pour une cause encore mal éclaircie, la matière solaire, probablement gazeuse, acquiert subitement, dans une couche appelée *surface*, le pouvoir émissif

d'un corps solide, et l'on a de bonnes raisons de croire que la pression du gaz dans cette couche varie peu d'une étoile jaune à une autre, lorsque la température de la couche est la même ([1]). Ces considérations sont à l'appui de l'émission très pénétrante admise dans les étoiles géantes.

III. Ces rayons spéciaux, remarquables par leur pénétration et leur action électrique, sont connus ou soupçonnés depuis un petit nombre d'années; mais leur importance s'affirme déjà, et j'estime qu'ils donneront la clef de plusieurs énigmes parmi celles encore nombreuses que présentent les corps célestes.

La matière solaire émet donc vraisemblablement des rayons X, ultra X et corpusculaires avec une intensité qui croît de la surface au centre. Dans les taches qui sont en général des cavités, le fond de la tache a une émission plus forte, qui, à cause de la grande pénétration, peut persister, malgré l'obscurcissement local et la diminution de la lumière ordinaire. De même, si un rayonnement de ce genre existe avec la Terre, son intensité doit être plus grande aux pôles qu'à l'équateur.

Ces rayonnements sont à prévoir surtout dans les nébuleuses, et en particulier dans les nébuleuses gazeuses et planétaires. La nébuleuse à noyau stellaire peut être considérée comme une étoile dont l'atmosphère est extraordinairement développée et contient des gaz spéciaux tels que le nébulium. Les conditions sont alors en très grand celles des étoiles jaunes géantes, examinées ci-dessus, dont l'atmosphère est particulièrement brillante; et les mêmes causes sont à invoquer pour l'illumination dans l'atmosphère de la nébuleuse. D'ailleurs son noyau, étant du type Wolff-Rayet, est une des étoiles les plus chaudes; on peut concevoir que l'émisson maxima ait lieu pour le noyau dans la région X et pour la nébuleuse proprement dite dans la région lumineuse. L'illumination est produite par des radiations de longueur d'onde très petite, mais avec la dégradation habituelle vers les grandes longueurs d'onde. Enfin le noyau peut

---

([1]) Si la pression à la surface est plus petite dans l'étoile géante dont la densité moyenne est plus faible, on peut invoquer aussi la fort intéressante théorie de M. N. Saha pour expliquer en partie son ionisation plus forte. Cette théorie s'appuie sur les effets dus à la température seule, et le point de vue est autre. Dans l'étoile géante, le gradient de la pression est évidemment plus faible; mais la pression moyenne de la couche moyenne et surtout de la couche supérieure peut être, à peu près, la même que dans l'étoile naine. A noter que la proportion plus grande des ions positifs du calcium dans l'atmosphère supérieure peut tenir aussi simplement à la répulsion exercée par la charge positive de l'astre.

contenir une forte proportion de corps radioactifs. Ces idées ont été déjà présentées par moi en 1902; et Russell en a développé récemment de semblables (¹).

Lorsque la nébuleuse n'a pas de noyau, on peut admettre des corps radioactifs disséminés dans l'espace qu'elle occupe. De même, dans la partie basse de notre atmosphère, une partie notable des ions formés par seconde est due aux émanations gazeuses du radium et du rhodium répandues dans l'air. Supposez une proportion plus grande des corps radioactifs, et le gaz devient lumineux.

En résumé, les radiations pénétrantes ont un intérêt de premier ordre, et il est indiqué d'étudier le mieux possible et immédiatement celles qui sont à notre portée, et sont révélées par l'expérience de Kohlhörster. L'ionisation des gaz en vase clos a été mesurée dans notre atmosphère jusqu'à l'altitude de 9000^m; mais il faut répéter l'expérience sur plusieurs points du globe, et l'étendre jusqu'aux altitudes les plus grandes atteintes dans les ballons-sondes. Sa recherche, il est vrai, sera coûteuse; elle incombe surtout aux pays qui ont de grandes ressources. J'ai proposé, au Congrès international d'Astronomie, réuni à Rome en 1922, la coopération internationale pour l'étude complète des phénomènes électriques de notre atmosphère aux grandes altitudes. La reconnaissance de l'origine exacte de ces radiations pénétrantes est un des phénomènes les plus importants qui se posent actuellement en Astronomie physique.

EMBRYOGÉNIE. — *Sur les propriétés des localisations germinales de l'œuf.* Note de M. A. Brachet.

L'existence de localisations germinales dans l'œuf fécondé est, à l'heure actuelle, la seule interprétation plausible des faits que l'embryologie causale a mis en évidence. Elles peuvent être très apparentes et aisément décelables, mais elles peuvent être aussi masquées et ne se révéler que grâce à des artifices expérimentaux; dans certains cas, elles sont d'une remarquable fixité, tandis que dans d'autres elles sont plus ou moins labiles. Pour en faire l'analyse, il est clair que l'observateur doit s'adresser à des œufs où elles sont facilement accessibles tant à l'étude descriptive qu'aux techniques expérimentales. L'œuf de la grenouille rousse (*Rana fusca*)

(¹) Deslandres, *Comptes rendus*, t. 134, 1902, p. 1134 et 1486. — Russell, *Proceedings of the National Academy of science*, vol. 5, nº 10, p. 410.

répond à tous ces desiderata. Ses localisations germinales, solidement établies après la fécondation, sont assez connues dans leur aspect et dans leur destinée pour qu'on puisse entreprendre d'en déterminer les propriétés biologiques essentielles.

Le croissant gris, qui est dans cet œuf la marque la plus évidente des zones embryogènes, reste, on le sait, assez aisément reconnaissable jusqu'au moment où l'encoche blastoporale fait sa première apparition; on sait aussi que la région qu'il occupe répond topographiquement aux points où se différencieront les ébauches des organes axiaux de l'embryon : système nerveux central et chorde dorsale.

Sur des blastulas avancées, j'ai piqué, avec une aiguille légèrement chauffée, les diverses parties du croissant gris : portion moyenne et cornes droite ou gauche, à différents niveaux de leur étendue. Selon les conditions, la lésion produite peut être grave ou légère et l'on obtient ainsi toute une gamme de résultats qui se complètent et s'interprètent les uns par les autres; je ne noterai, ici, que les plus importants et les plus caractéristiques d'entre eux.

24 heures après la piqûre, quand elle n'a pas été trop brutale, la blastula a expulsé, sous forme d'extraovat, la masse des cellules atteintes et semble parfaitement guérie. Il peut en naître des larves qui éclosent et j'en ai conservé en vie pendant plusieurs jours. Elles sont toutes anormales, mais leurs anomalies acquièrent, de par la connaissance des causes qui les ont produites, une valeur vraiment explicative.

Si la piqûre a porté sur la partie moyenne du croissant gris, c'est le cerveau antérieur qui sera atteint, et, selon l'intensité de l'intervention, il pourra être ou totalement absent ou seulement rudimentaire, quantitativement comme qualitativement. En revanche, les organes qui sont dans son voisinage immédiat, crêtes ganglionnaires, vésicules olfactives et auditives, etc., sont normaux dans leur forme et leur volume; il en est de même du tronc tout entier.

Si la piqûre a été faite dans l'une des cornes du croissant, droite ou gauche, ses conséquences sont aussi en rapport avec la quantité de substance détruite et éliminée. Tout d'abord, le blastopore ne se ferme jamais complètement, bien qu'il puisse subir ses différenciations normales, et les larves que l'on obtient sont, selon la nomenclature d'O. Hertwig, des *spina bifina;* chacune de ses lèvres latérales devrait édifier, en principe, une moitié du système nerveux central (hémi-moelle allongée ou épinière) et une hémichorde dorsale. Mais la perte de substance empêche un semblable

développement, et toujours la lèvre droite ou la lèvre gauche, selon le cas, est anormale. L'anomalie peut consister en une absence totale d'hémimoelle et d'hémichorde, la lèvre blastoporale restant purement virtuelle; d'autres fois c'est l'une ou l'autre seulement qui manque; d'autres fois encore toutes deux sont présentes ou l'une des deux seulement, mais sous un volume réduit jusqu'à ne plus être parfois qu'une miniature de l'ébauche normale. Ces variantes dépendent à la fois de la gravité et de la localisation de l'intervention. A l'extrémité postérieure du blastopore, les bourgeons caudaux se forment toujours, s'accolent et se soudent, mais le système nerveux et la chorde qu'ils contiennent ont, dans chaque cas, exactement les caractères qu'ils ont pris dans la région opérée.

De ces expériences se dégage la conclusion que les matériaux formateurs de tout le système nerveux central et de la chorde dorsale tout entière sont, dans la blastula et par conséquent dans l'œuf fécondé, localisés dans la zone occupée par le croissant gris et que, quand ils ont été détruits, ils ne peuvent être remplacés par d'autres, même venus du voisinage immédiat.

Certaines de ces larves opérées peuvent éclore, vivre plusieurs jours et devenir de petits têtards. Mais ils ne se guérissent jamais; non seulement les parties manquantes ne se reforment pas, mais les altérations d'ordre purement quantitatif se maintiennent intégralement. Les organes dont l'ébauche était minuscule, restent minuscules eux aussi; ils s'allongent selon les nécessités de la croissance générale du têtard, subissent leur histogénèse fonctionnelle, mais leur volume reste en dessous de la normale dans des proportions parfois considérables.

Pourtant, dans le têtard, les réserves deutoplasmiques sont intactes, l'appareil digestif se constitue normalement, le sang circule, les conditions d'une nutrition convenable, dont profitent d'ailleurs largement les parties du corps non altérées par la piqûre, sont parfaitement réalisées.

Ces faits me paraissent susceptibles d'une interprétation dont la portée biologique est peut-être considérable.

Ils montrent que les substances organogènes, constitutives des localisations germinales, ont une faculté d'assimilation limitée et par conséquent un pouvoir de croissance limité aussi; les cellules qui se les partagent ne peuvent donc pas proliférer indéfiniment avant de subir les différenciations fonctionnelles qui les stabilisent. Dans ces conditions, une réduction quantitative de ces substances initiales doit entraîner dans le volume des organes formés à leurs dépens, une réduction du même ordre et qui est indélébile, même si les conditions de nutrition restent favorables.

Cette propriété fondamentale des localisations germinales peut donner l'explication, tant de fois recherchée, de l'arrêt de la croissance chez tous les animaux quand la taille *normale* est atteinte; elle permet aussi de comprendre la loi de constance du nombre des cellules constitutives du corps, reconnue chez quelques organismes simples, et qui, comprise avec une certaine souplesse, est probablement applicable à tous; elle rend compte enfin d'une foule de cas tératologiques rassemblés dans la catégorie indécise des arrêts de développement.

Quoi qu'il en paraisse à première vue, elle n'est pas contredite par les faits de régénération et de génération agame. Ceux-ci soulèvent des questions d'un autre ordre et d'une portée moins générale; ils ne se manifestent guère que dans des organismes adultes. D'ailleurs il n'est aucunement douteux qu'un organe minuscule, s'il est amené à se régénérer, se reconstituera tel qu'il était.

M. H. Andoyer s'exprime ainsi :

« J'ai l'honneur de présenter à l'Académie des *Tables logarithmiques à treize décimales* que je viens de faire paraître. Il est assez souvent nécessaire d'obtenir dans un calcul logarithmique une exactitude supérieure à celle que peuvent donner les tables usuelles à sept ou même huit décimales. S'il s'agit de lignes trigonométriques, les *Nouvelles Tables trigonométriques fondamentales* (*Logarithmes*) que j'ai publiées en 1911 permettent d'aller sans trop de peine jusqu'à la précision de quatorze décimales.

» Pour le calcul des logarithmes des nombres et la résolution du problème inverse, l'usage des présentes tables, qui n'occupent que quelques pages, est intuitif, et ne demande qu'un minimum d'opérations auxiliaires très faciles à effectuer sans aucun tâtonnement, et pour ainsi dire immédiates, si l'on dispose d'une table de multiplication ou d'une machine à calculer. L'approximation y est limitée à treize chiffres utiles : les cas qui exigent davantage peuvent être regardés comme infiniment rares. »

M. A. Haller fait hommage à l'Académie d'un *Traité des matières colorantes organiques et de leurs diverses applications*, par Édouard Ehrmann, dont il a écrit la *Préface*.

CORRESPONDANCE.

M. le Secrétaire perpétuel signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

Un article de M. Pierre Gauja intitulé : *L'Académie des Sciences de Paris*, in *Almanach scientifique* pour 1923 de la revue *Sciences et voyages*.

M. **Albert Calmette** prie l'Académie de vouloir bien le compter au nombre des candidats à la place vacante, dans la Section de Médecine et Chirurgie, par le décès de M. *A. Laveran*.

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Sur les familles quasi normales de fonctions méromorphes.* Note de M. **Paul Montel**.

1. Considérons une suite infinie de fonctions $f_n(z)$ méromorphes à l'intérieur d'un domaine connexe (D). On dit que cette suite converge uniformément en un point z_0 si, dans un petit cercle de centre z_0, la suite f_n ou la suite $\frac{1}{f_n}$ converge uniformément.

Nous dirons qu'une famille de fonctions méromorphes $f(z)$ est *quasi normale* dans (D) lorsque toute suite infinie de fonctions de cette famille est génératrice d'une suite partielle convergeant uniformément en chaque point intérieur à (D), sauf peut-être pour un nombre fini d'entre eux appelés *irréguliers*.

Si le nombre des points irréguliers ne dépasse pas p pour aucune suite de fonctions $f(z)$, et s'il atteint cette valeur pour une suite au moins, nous dirons que la famille est *quasi normale d'ordre p*. La propriété, pour une famille de fonctions méromorphes, d'être quasi normale d'ordre p dans un domaine (D), est invariante pour toute transformation homographique à coefficients constants effectuée sur les fonctions de la famille.

2. Soit z_1 un point irrégulier d'une suite $f_n(z)$. S'il n'y a qu'un nombre fini de zéros des fonctions $f_n(z) - a$ voisins du point z_1, c'est-à-dire dans un cercle arbitrairement petit de centre z_1, la valeur a est dite exceptionnelle pour le point z_1.

Autour d'un point irrégulier, il ne peut y avoir deux valeurs exceptionnelles. S'il y en a une a, le point z_1 ne peut être irrégulier que pour une suite ayant pour limite la constante a.

S'il existe une valeur a pour laquelle une infinité de fonctions de la suite $f_n(z) - a$ ont un nombre fini μ de zéros voisins de z_1, la fonction limite $f_0(z)$ est nécessairement méromorphe autour de z_1, et si la valeur de $f_0(z_1)$ en z_1 est distincte de la valeur de cette fonction méromorphe, c'est une valeur parasite, introduite par le mode de représentation de $f_0(z)$.

S'il existe deux valeurs a' et a'' pour lesquelles les équations

$$f_n(z) = a', \qquad f_n(z) = a''$$

ont respectivement μ' et μ'' racines voisines de z_1, pour une infinité de valeurs de n, les fonctions $f_n(z) - a$ auront toujours le même nombre de zéros voisins de z_1, pour les mêmes valeurs de n, quel que soit a, sauf peut-être pour une valeur exceptionnelle.

3. *Considérons les fonctions $f(z)$, méromorphes dans le domaine* (D) *et telles que les équations*

$$f(z) = 1, \qquad f(z) = 0, \qquad f(z) = \infty$$

n'aient pas respectivement plus de p, q, r racines. Ces fonctions forment une famille quasi normale dont l'ordre ne dépasse pas celui des entiers p, q, r qui est compris entre les deux autres.

Désignons par q le plus petit des deux nombres p et q lorsqu'ils sont différents. Supposons qu'on entoure les pôles de chaque fonction $f(z)$, de cercles (γ) ayant ces pôles pour centres et un rayon δ, arbitrairement petit, mais fixe et soit

$$f(z) = a_0 + a_1 z + \ldots + a_q z^q + \ldots$$

le développement en série entière autour de $z = 0$ d'une fonction méromorphe $f(z)$ ne prenant pas plus de p, q, r fois les valeurs un, zéro et l'infini. Appelons (D_1) un domaine intérieur à (D) et contenant, comme (D), le point $z = 0$:

Il existe un nombre Ω ne dépendant que du domaine (D_1), des nombres p, q, r, δ et des valeurs de a_0, a_1, ..., a_q, tel que toute fonction $f(z)$ admettant ces $q + 1$ coefficients ait son module inférieur à Ω en tout point intérieur à (D_1) et extérieur aux cercles (γ).

Ce théorème est une extension aux fonctions méromorphes d'un théorème de M. Schottky. Pour $r = 0$, les cercles (γ) disparaissent et l'on retrouve un

théorème déjà établi [1]. Pour $p = q = r = 0$, on retombe sur le théorème de M. Schottky. Si les $|a_i|$ sont bornés, il en est de même de Ω.

Au lieu de se donner les a_i, c'est-à-dire les valeurs de $f(z)$ et de ses q premières dérivées en un point fixe de (D), on peut aussi se donner : *soit les valeurs de $f(z)$ en $q+1$ points fixes de* (D); *soit les valeurs de $f(z)$ et de ses $(\alpha_i - 1)$ premières dérivées en des points fixes $x_i (i = 1, 2, \ldots, h)$, avec la condition*

$$\alpha_1 + \alpha_2 + \ldots + \alpha_h = q + 1.$$

Les fonctions $f(z)$ qui remplissent les conditions précédentes forment des familles quasi normales, d'ordre r au plus, et dont aucune fonction limite n'est la constante infinie.

4. Considérons les fonctions $f(z)$ données par le développement

$$f(z) = a_0 + a_1 z + \ldots + a_{q+r+1} z^{q+r+1} + \ldots,$$

dans lequel les $q + r + 2$ premiers coefficients sont donnés :

Il existe un nombre R ne dépendant que des nombres p, q, r et des valeurs $a_0, a_1, \ldots, a_{q+r+1}$ tel que, dans tout cercle de centre origine et de rayon supérieur à R, toute fonction $f(z)$ qui admet ces $q + r + 2$ coefficients, ou bien cesse d'être méromorphe, ou bien prend plus de p fois la valeur un, ou plus de q fois la valeur zéro, ou plus de r fois la valeur infinie, à condition que le déterminant

$$\Delta = \begin{vmatrix} a_{q-r+1} & a_{q-r+2} & \cdots & a_{q+1} \\ a_{q-r+2} & a_{q-r+3} & \cdots & a_{q+2} \\ \cdots\cdots & \cdots\cdots & \cdots & \cdots \\ a_{q+1} & a_{q+2} & \cdots & a_{q+r+1} \end{vmatrix}$$

soit différent de zéro.

Ce théorème constitue une extension, aux fonctions méromorphes, d'un théorème de M. Landau. Pour $r = 0$, on retrouve une proposition établie précédemment [2]. Pour $p = q = r = 0$, on retombe sur le théorème de M. Landau : la condition $\Delta \neq 0$ devient alors $a_1 \neq 0$.

La condition $\Delta \neq 0$ signifie qu'il ne peut exister de fraction rationnelle admettant q zéros et r pôles, et dont le développement en série entière possède les $q + r + 2$ coefficients donnés.

Au lieu de se donner les a_i, on peut aussi *se donner les valeurs de $f(z)$ en $q + r + 2$ points fixes*. Le nombre R existe à condition qu'un déterminant Δ

(1) *Sur les familles quasi normales* (*Comptes rendus*, t. 174, 1922, p. 22).

(2) *Sur une extension d'un théorème de M. Landau* (*Comptes rendus*, t. 174, 1922, p. 143).

soit différent de zéro. Supposons, par exemple, $q = r = 1$. La condition $\Delta \neq 0$ exprime qu'il n'y a pas de fraction rationnelle ayant un pôle et un zéro, et prenant les quatre valeurs données u_1, u_2, u_3, u_4 en les quatre points donnés x_1, x_2, x_3, x_4. On sait que, dans ce cas, la relation signifie que les rapports anharmoniques des u et des x sont différents :

$$(u_1, u_2, u_3, u_4) \neq (x_1, x_2, x_3, x_4).$$

On peut aussi se donner les valeurs de $f(z)$ et de ses $(\alpha_i - 1)$ premières dérivées en des points fixes $x_i (i = 1, 2, \ldots, h)$ avec la relation

$$\alpha_1 + \alpha_2 + \ldots + \alpha_h = q + r + 2.$$

Le nombre R existe encore à condition qu'un déterminant Δ, formé avec les valeurs données et les affixes des points donnés soit différent de zéro.

PHYSIQUE GÉNÉRALE. — *Les propriétés superficielles du mercure : caractère voltaïque, tension superficielle, effet photo-électrique.* Note [1] de **M. Eligio Perucca.**

J'ai exécuté les expériences suivantes :

1° Dans le vide, je fais arriver du mercure dans une cuvette et je mesure, immédiatement après, l'effet Volta entre le mercure et un plateau de platine, par la méthode du condensateur variable. Puisqu'on peut maintenir constantes les propriétés voltaïques du platine pendant chaque expérience [2], on peut considérer cet effet Volta comme la mesure du caractère voltaïque du mercure. L'expérience montre que le caractère voltaïque du mercure ne varie pas sensiblement avec le temps.

2° Je répète l'expérience, mais je prépare le mercure et je mesure l'effet Volta dans un gaz (air, N^2, CO^2, H^2) à pression réduite ($0{,}1 \div 100^{mm}$ de mercure). Le caractère voltaïque du mercure frais n'est plus celui trouvé dans le vide, mais il est déplacé, en sens électronégatif de 0,3 volt; puis, rapidement, le déplace en sens électropositif et il atteint asymptotiquement la valeur qu'il avait dans le vide. Le temps nécessaire pour atteindre pratiquement la valeur limite, croît régulièrement avec la pression du gaz; il est de l'ordre de $1'$ pour une pression de $0^{mm},1$, de $10'$ pour une pression de 10^{mm}; à pressions égales, ce temps est minimum pour le gaz H^2, maximum pour CO^2.

3° Je répète l'expérience en préparant le mercure dans le vide, puis j'introduis le gaz. On n'observe aucune variation remarquable dans le caractère voltaïque du mercure.

---

(1) Séance du 25 septembre 1922.

(2) Voir la discussion et les détails des expériences dans *Atti Ac. Sc. Torino*, t. 57, 1922.

Ces expériences montrent l'influence du milieu diélectrique sur le caractère voltaïque d'un conducteur; elles sont un appui bien remarquable à la théorie de l'*anticontact*.

Comme le phénomène a lieu dans tous les gaz, et, surtout, comme la variation dans le caractère voltaïque de la surface du mercure est d'autant plus rapide que la pression du gaz est plus basse, je crois pouvoir conclure que : *la surface fraîche du mercure change avec le temps, pour atteindre un arrangement (atomique ou moléculaire) ayant la plus grande stabilité; c'est-à-dire*, selon les idées de Frenkel [1], *soit le plus petit potentiel intrinsèque, donc la plus grande électropositivité, soit la plus petite énergie potentielle de la couche double superficielle, donc la plus petite tension superficielle.*

Cet arrangement s'achève dans un temps très court (celui dit de *relaxation?*), dans le vide, mais il est fortement ralenti par les chocs moléculaires du gaz, si la surface de mercure y est préparée. Si la surface est préparée dans le vide, puis qu'on introduise le gaz, les chocs ne sont désormais plus capables de détruire l'arrangement déjà accompli (troisième expérience).

Tout le monde remarquera la relation entre ces idées et les récentes théories de M. Langmuir sur la constitution de la couche superficielle des liquides. Peut-être, dans ce cas, est-on conduit plus directement à l'hypothèse d'un arrangement superficiel d'un liquide.

La connexion entre caractère voltaïque et tension superficielle est en effet la conséquence nécessaire des théories modernes sur l'effet Volta. Elle résulte très clairement en particulier de la théorie de Frenkel.

Or, les variations du caractère voltaïque du mercure étant données, existe-t-il des variations correspondantes de tension superficielle?

J'ai répété les expériences par un appareil susceptible d'indiquer en même temps le caractère voltaïque du mercure et les variations de sa tension superficielle (par la méthode de la large goutte). En effet, les variations observées dans le caractère voltaïque sont accompagnées par des variations analogues de la tension superficielle du mercure :

1. La tension superficielle de la goutte de mercure préparée dans le vide reste à peu près constante.

2. La tension superficielle de la goutte préparée dans un gaz à petite pression varie rapidement avec le temps, et tend asymptotiquement à une valeur limite. Le temps

---

(1) *Phil. Mag.*, t. 33, 1917, p. 297.

nécessaire pour que cette valeur soit pratiquement atteinte croît régulièrement avec la pression du gaz, il est de l'ordre de 1′ pour une pression de $0^{mm},1$, de 10′ pour 10^{mm}, à pressions égales, il est minimum pour le gaz H^2, maximum pour le CO^2.

3. La tension superficielle de la goutte préparée dans le vide et sur laquelle on fait arriver le gaz, reste à peu près constante.

Les Tableaux des résultats qui ne peuvent pas trouver place ici servent, encore mieux que ces énoncés, à donner la preuve éclatante de la relation entre tension superficielle et caractère voltaïque d'une surface. C'est une relation encore seulement qualitative, parce que j'ai observé les variations de tension superficielle dans une échelle arbitraire. En outre, selon Frenkel, la tension superficielle dépend de l'énergie de la couche double par centimètre cube de surface; le caractère voltaïque dépend du potentiel intrinsèque, c'est-à-dire de la puissance de cette couche double; or, l'énergie par centimètre carré de la couche double est proportionnelle à la puissance seulement si certaines hypothèses très simplificatrices sont vérifiées.

Cependant, la relation est vraiment éclatante et elle est une nouvelle confirmation de la bonté des théories de l'anticontact et de Frenkel.

Une telle relation avait échappé jusqu'ici à la preuve expérimentale; j'ai obtenu un résultat si favorable parce que les variations observées à la surface du mercure sont dues, je crois, à un arrangement superficiel, indépendant du gaz qui est au-dessus, qui sert seulement à ralentir le phénomène. On est donc dans les conditions voulues par la théorie de Frenkel.

Les variations de tension superficielle observées par M. Stöckle ([1]), et qui étaient restées sans explication, coïncident évidemment avec les miennes. Je ne saurais affirmer la même chose pour les variations récemment étudiées par M. Popesco ([2]) et attribuées à une adsorption gazeuse, parce que cet auteur n'a pas exécuté les expériences dans le même gaz à pressions diverses et très petites.

Enfin, selon la théorie de Frenkel, on a une relation absolument directe entre le caractère voltaïque et les propriétés photo-électriques et thermo-ioniques. Les variations observées du caractère voltaïque du mercure doivent se retrouver par des expériences photo-électriques. La diminution du potentiel intrinsèque qui accompagne le déplacement électropositif du mercure pendant l'arrangement superficiel, doit donner lieu à une diminution de la fréquence limite capable d'exciter la photo-électricité, ou, ce qui

([1]) *Wied. Ann.*, t. 66, 1898, p. 499.

([2]) *Comptes rendus*, t. 172, 1921, p. 1472, et t. 175, 1922, p. 148 et 259.

revient au même, à une augmentation de la vitesse des électrons émis par une radiation existante de fréquence constante.

J'espère pouvoir effectuer des expériences sur cette question. Il me semble que celles de M. Popesco sur la relation entre tension superficielle et effet photo-électrique ne répondent pas à cette question; elles prouvent plutôt que la tension superficielle du mercure varie en conséquence de l'émission photo-électrique. Ce pourrait être l'effet d'une polarisation de la surface du mercure par le courant photo-électrique.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Contribution à l'étude des modifications thermiques de quelques fontes de moulage.* Note (¹) de M. **Jean Durand**, présentée par M. G. Charpy.

Au cours de l'étude sur le traitement thermique de quelques fontes de moulage dont nous avons récemment présenté les premiers résultats (²), nous avons été amené à examiner les changements de volume que subissent les fontes par suite des traitements thermiques.

L'augmentation de volume ou « croissance » de la fonte résultant de chauffages répétés est un phénomène connu depuis longtemps : Beddoes, en 1791, et Percy l'ont signalé nettement. Elle a donné lieu depuis à des recherches nombreuses qui sont résumées dans l'Ouvrage du Dr Hatfield (³), mais qui ne comportent pas de mesures numériques en fonction de la température.

Nous avons cherché à préciser, au moyen du dilatomètre, les conditions de cette croissance et l'influence de quelques-uns des facteurs qui agissent sur son importance. Les déterminations ont été faites au moyen d'un dilatomètre enregistreur sur éprouvettes rectifiées de 50^{mm} de longueur et 8^{mm} de diamètre.

A titre d'exemple, nous donnons un diagramme (*fig.* 1) choisi parmi beaucoup d'autres qui ont la même allure et qui est relatif à un échantillon de fonte soumis à cinq cycles de chauffage successifs. La composition était la suivante :

(¹) Séance du 25 septembre 1922.
(²) *Comptes rendus*, t. 174, 1922, p. 748.
(³) *Cast Iron in light of recent research.*

Carbone total	3,040
Graphite	2,500
Silicium	2,096
Manganèse	0,462
Soufre	0,060
Phosphore	0,894

Si l'on examine le diagramme de dilatation, on retrouve nettement les diverses phases signalées par M. G. Charpy dans son Mémoire d'ensemble sur les alliages de fer et de carbone ([1]).

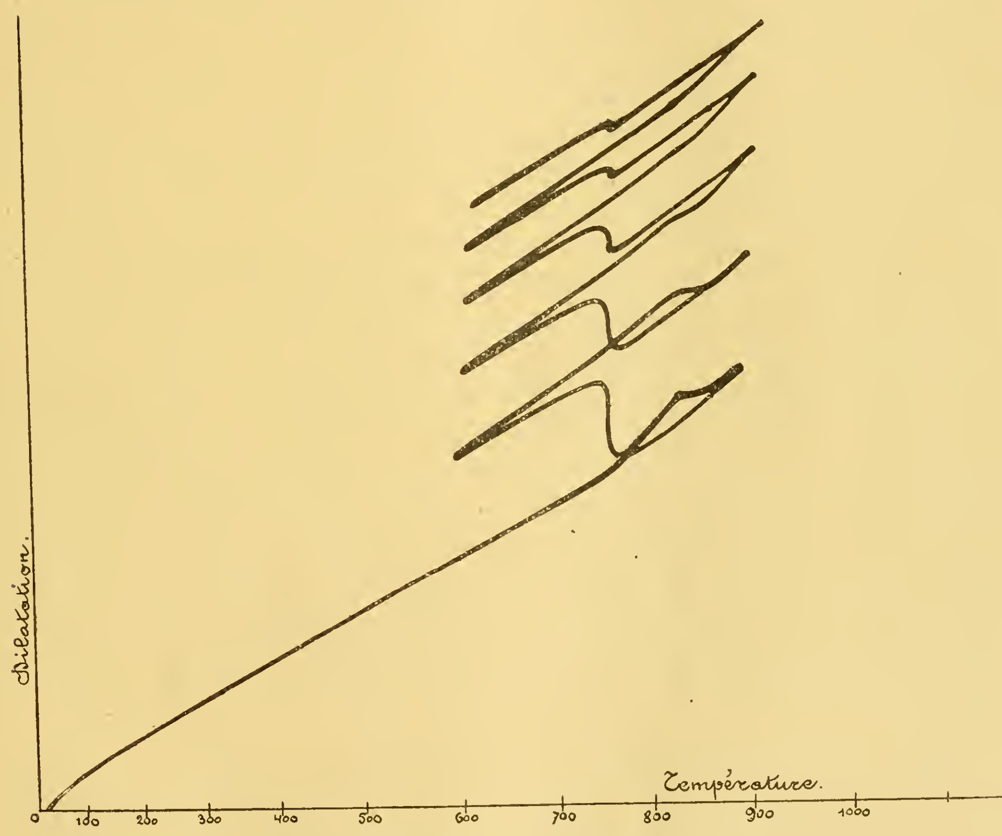


Diagramme montrant les dilatations et contractions subies par un fragment de fonte soumis à cinq chauffages successifs entre 600° et 900°.

1. Au-dessous du point critique à l'échauffement, dépôt progressif de graphite avec augmentation de volume non réversible.

([1]) *Société chimique de France*, 16 mai 1908.

Cette augmentation de volume permanente a pu être isolée par des essais de dilatation à température maximum inférieure au point critique; pour une composition déterminée, elle varie en raison inverse de la vitesse d'échauffement et, à vitesse constante, elle est fonction de la teneur en silicium, comme l'ont montré MM. Charpy et Grenet.

2. Au point critique (dont la température est notablement élevée par la teneur importante en silicium), contraction correspondant au début de la dissolution progressive de la cémentite.

3. Au refroidissement, à une température qui, dans tous nos essais, est de 725° (± 10°), augmentation de volume dont l'amplitude varie en raison inverse de la vitesse de refroidissement, augmentation que nous attribuons à une transformation rapide de la cémentite naissante en graphite : c'est le fait le plus important. Nous concluons dans ce sens parce que, si cette augmentation de volume était due uniquement à la précipitation de la cémentite, la contraction qui se produit au cours des chauffages suivants n'aurait pas une amplitude décroissante.

Les cycles thermiques consécutifs mettent en évidence les mêmes phénomènes exactement, mais avec une intensité décroissante résultant du fait que la quantité de graphite libre augmente à chaque cycle parcouru.

Des mesures de densité nous ont montré que ces modifications ne sont pas linéaires, mais qu'elles correspondent à une variation réelle de volume.

Il résulte de l'ensemble de ces observations que le gonflement de la fonte ne prend une importance sensible que si la teneur en silicium est suffisante et le chauffage lent; il est possible de réduire son effet en limitant la teneur en silicium et en effectuant un chauffage rapide. Si donc on admet l'hypothèse que la porosité de certaines fontes est due à la séparation du graphite et à l'augmentation de volume corrélative, nous voyons que ce gonflement, dont l'effet est d'ailleurs insuffisamment défini, peut être modéré ou accentué par la variation de la teneur en silicium et l'allure des traitements thermiques.

Enfin une augmentation de volume, semblable à celle que nous avons mise en évidence, se produit sans aucun doute au cours de la première solidification après coulée. Les diverses parties d'une pièce ne passant pas ensemble la température critique, l'augmentation de volume résultante produit vraisemblablement une partie des tensions qui sont constatées sur les pièces de moulage et cette considération confirme l'intérêt réel qu'il y a à faire subir à ces pièces un traitement thermique défini.

CHIMIE ANALYTIQUE. — *Détermination quantitative du carbone et de l'hydrogène par l'emploi du mélange sulfochromique.* Note de MM. **L.-J. Simon** et **A.-J.-A. Guillaumin.**

Dans des conditions précises de température et de durée d'action, l'oxydation sulfochromique permet par la mesure du gaz carbonique de déterminer la quantité de carbone renfermé dans certaines substances organiques [1]. Cette méthode s'applique à un grand nombre de substances, mais pas à toutes; parmi celles qui résistent, beaucoup sont complètement brûlées par le chromate d'argent [2]. *Dans ce qui suit il s'agit seulement des substances complètement brûlées par l'acide chromique.*

Le mode opératoire proposé pour la détermination du carbone permet, sans modifications essentielles, d'être complété en vue de mesurer l'oxygène emprunté à l'oxydant et par suite de *déterminer l'hydrogène contenu dans la combinaison.* On évite ainsi la méthode si laborieuse et toujours si délicate de l'analyse organique par combustion au moyen d'oxyde de cuivre.

Pour cela il suffit d'employer un excès *pesé* d'oxydant et de doser titrimétriquement par une méthode classique le résidu de cet oxydant après combustion et lecture du volume gazeux. Les modifications à la méthode décrite ne portent ni sur la température, ni sur la durée de réaction (4^m à 100°); on a seulement substitué à l'anhydride chromique le bichromate de potassium d'une pesée plus commode et l'on a pu en réduire la quantité ($1^g,5$ à 2^g) de façon à augmenter la précision de la détermination de la portion utilisée. Ce dosage s'effectue sur une partie aliquote du résidu de la réaction en employant un excès connu de sulfate ferreux, excès qu'on mesure au permanganate. En employant une jauge de 100^{cm^3} et une prise d'échantillon de l'ordre du décigramme, les solutions de titre moléculaire 0,1 et 0,02 conviennent respectivement pour le sel de Mohr et le permanganate.

Le Tableau suivant rassemble *tous* les résultats obtenus :

---

(1) *Comptes rendus*, t. 170, 1920, p. 514 et 734.

(2) *Comptes rendus*, t. 174, 1922, p. 1706, et t. 175, 1922, p. 167.

Substance.	Carbone pour 100 trouvé.	Carbone pour 100 calculé.	Hydrogène pour 100 trouvé.	Hydrogène pour 100 calculé.	Métal pour 100 trouvé.	Métal pour 100 calculé.
Formiate de baryum........	10,50	10,55	0,66	0,88	60,25	60,42
Oxalate de sodium.........	17,83	17,91	0,04	0,00	34,29	34,33
Oxalate de calcium (hyd.)...	16,65	16,44	1,35	1,37	27,30	27,40
Acide oxalique (hyd.)......	18,85	19,05	4,68	4,76	"	"
Erythrite..................	39,1	39,34	8,20	8,20	"	"
Saccharose.................	41,9	42,10	6,43	6,43	"	"
Acide tartrique............	31,8	32,0	3,88	4,00	"	"
Anhydride benzoïque.......	73,5	74,33	4,28	4,42	"	"
Acide salicylique...........	60,0	60,87	4,38	4,35	"	"
Phénolphtaléine............	74,6	75,47	4,43	4,40	"	"

Dans le calcul, d'ailleurs très simple, qui conduit aux nombres inscrits dans ce Tableau, il convient de distinguer deux cas suivant que les substances renferment par rapport au type $C^m(H^2O)^n$ un excès d'hydrogène ou d'oxygène. Dans le cas des sels métalliques, auxquels cette méthode a l'avantage de s'appliquer, il est indispensable, pour le calcul, de déterminer la proportion de l'élément métallique ou plus exactement de l'oxyde métallique.

Si, sans se préoccuper de la mesure du volume du gaz dégagé, on se borne, comme l'ont fait de nombreux auteurs, à déterminer la quantité résiduelle de l'oxydant employé, on en déduit bien l'oxygène consommé, mais il est clair qu'on ne peut fixer ainsi la teneur en carbone et en hydrogène. On a ainsi tout au plus un contrôle de la pureté d'une substance en préjugeant qu'elle n'est pas souillée d'un mélange d'impuretés pour lesquelles se produiraient des écarts compensateurs; la présente méthode est non seulement un instrument de contrôle, mais aussi de recherche.

Sans doute cette méthode est-elle limitée dans son emploi; elle s'applique cependant, comme nous l'avons déjà signalé (*loc. cit.*), aux biacides à chaîne linéaire et à leurs éthers méthyliques, à tous les dérivés du groupe des sucres qui ne renferment pas de CH^3 fixés au carbone, aux acides aromatiques et aux phénols qui ne portent pas sur le noyau de substitutions méthylées, éthylées, etc. On peut, au surplus, être renseigné sur l'applicabilité de la méthode; toutes les substances pour lesquelles l'acide chromique et le chromate d'argent fournissent des données concordantes pour le carbone sont justiciables de cette méthode. La restriction dans la généralité est d'ailleurs compensée par d'autres avantages sur lesquels nous aurons à revenir.

Nous avons également pensé à une autre solution du même problème — plus élégante et plus générale — qui consisterait à apprécier la quantité résiduelle de l'oxydant non plus titrimétriquement, mais en l'employant à brûler une substance organique connue et employée en excès. Deux mesures successives de volume gazeux fourniraient le résultat cherché. Rien ne s'opposant à l'emploi du chromate d'argent comme oxydant, la méthode gagnerait en généralité. Les essais préliminaires sont assez encourageants pour que nous ayons le désir de les poursuivre.

SISMOLOGIE. — *Le tremblement de terre du 25 août 1922 et la structure géologique de la région de Ténès-Cavaignac (Algérie).* Note de MM. **A. Brives** et **M. Dalloni.**

Une violente secousse sismique vient d'ébranler, sur une aire assez limitée, la région de Ténès; elle a causé peu de dégâts dans cette localité, mais le centre de colonisation de Cavaignac, situé à 15^{km} au Sud-Ouest, a été presque entièrement détruit : il n'y reste que quelques maisons debout sur plus de quarante. Il faut dire que les constructions soignées ont mieux résisté que les autres, déjà lézardées et parfois à demi ruinées. L'intensité du mouvement en ce point correspond à peu près au degré IX de l'échelle de Rossi Forel.

Le phénomène débuta vers 11 heures par un grondement prolongé rappelant celui de la mise en marche d'un moteur d'automobile. Les habitants eurent l'impression que le sol se soulevait; cette oscillation verticale est révélée par le crevassement des piliers soutenant le toit des hangars. Puis une poussée horizontale inclina ou abattit les murs et les cheminées (la plupart vers le Sud ou vers l'Est). Des secousses beaucoup moins fortes furent ressenties les jours suivants, mais elles n'ont pas été enregistrées par le sismographe de l'Observatoire d'Alger. Les déformations du sol furent rares : quelques fissures du sol dans la partie Nord du village; un peu à l'Est, d'énormes blocs s'écroulèrent de la corniche gréseuse qui domine Kalloul.

Cette région se trouve à la jonction de la chaîne du Dahra, qui s'étend sur le littoral algérien de Mostaganem à Ténès et du massif crétacé du Bissa, lequel se poursuit par le massif de Miliana ou des Zaccars. L'ossature du Dahra est formée par les terrains crétacés et nummulitiques, plissés à la fin de la période éocène; plus tard, cette chaîne se morcela et des effondrements amenèrent la transgression du 1er étage méditerranéen dont le type (Cartennien) a été pris à Ténès, en raison de la puissance et de l'extension remarquables qu'y présentent ses dépôts. La région fut ensuite émergée, intensément plissée et disloquée. Le Miocène moyen a correspondu à un

autre cycle sédimentaire et s'est terminé par une régression qui atteignit son maximum à la fin de la période (Sahélien). Un nouvel affaissement détermina l'arrivée de la mer pliocène dans le synclinal tellien, lequel, après son comblement définitif, se subdivisa en plusieurs dépressions alignées de l'Est à l'Ouest, celles de la Mitidja, du Chelif, de l'Habra, etc., qui toutes sont des bassins d'effondrement, encadrés par des fractures que jalonnent souvent des roches éruptives. C'est à ce moment que la zone axiale de la chaîne littorale disparut sous les eaux de la Méditerranée. Pendant le Quaternaire, la côte barbaresque se souleva par saccades. En somme, on retrouve partout la trace de dislocations très récentes.

Le bassin d'effondrement de Ténès et Montenotte est une dépendance de celui de Chélif. Les contacts du Miocène et de son substratum sont extrêmement compliqués et constamment anormaux. Les plis de la zone ancienne sont déversés au Sud et chevauchent fréquemment les couches néogènes : localement, des lambeaux de Crétacé et de flysch éocène (Medjanien), limités par des cassures, sont violemment refoulés sur ces dernières.

Au sud de Ténès, le bassin miocène est bordé par une grande faille de tassement, grâce à laquelle les marnes cartenniennes ont glissé au pied des chaînons gréseux du Cartennien inférieur et du Medjanien ; des pointements triasiques apparaissent en quelques points sur les lèvres de cette fracture. Sa direction est NE-SW entre Ténès et Cavaignac : c'est précisément celle des secousses sismiques enregistrées dans la région depuis 1881 ; à cette époque elles furent assez nombreuses (plusieurs au cours de certains mois), mais jamais très graves et, depuis, cette activité s'était fort atténuée.

Les effets destructeurs du séisme du 25 août ont été particulièrement graves à Cavaignac parce que ce village est bâti sur les marnes cartenniennes, dans des conditions topographiques défavorables et au point de rencontre de la faille de décollement dont il vient d'être question avec d'autres fractures qui croisent cet accident [1]. Les dommages ont été beaucoup moins grands à Kalloul et à Montenotte, villages plus éloignés de ce dernier. A Ténès, les deux maisons d'habitation, d'ailleurs de construc-

---

[1] Comme l'a fait remarquer M. Chesneau, l'emplacement des centres de colonisation en Algérie est généralement choisi aussi mal que possible au point de vue des effets mécaniques des tremblements de terre. Cela tient à ce que les meilleures terres de culture et les mieux arrosées sont situées dans les dépressions tertiaires au pied des montagnes, c'est-à-dire dans une situation très analogue à celle des villages de la région qui vient d'être éprouvée. Mais, en somme, les secousses qui affectent ces zones sismiques sont peu graves et ne peuvent compromettre l'essor de la colonisation.

tion ancienne, qui ont subi des dégâts, se trouvent placées presque sur la fracture, jalonnée par des pointements de Trias, qui sépare le Crétacé des marnes miocènes.

Au nord de Cavaignac, quelques fermes ont été endommagées dans la vallée de Tarzout, synclinal de marnes miocènes affaissé entre deux fractures. L'influence locale des dislocations qui accidentent le bord du bassin miocène sur le sens de propagation et l'intensité du mouvement sismique est donc bien évidente.

Il est un peu plus difficile d'expliquer les dégâts causés aux constructions du col de Kirba et de Chasseriau, situées plus au Sud, sur le Miocène moyen et supérieur; là, le voisinage des gypses sahéliens a probablement facilité le léger affaissement qui a suivi la secousse.

Un curieux phénomène a été constaté aussitôt après le séisme: les sources qui se trouvent sur le pourtour du bassin et qui, en cette saison, sont normalement très basses, ont vu quintupler ou même décupler leur débit. Elles s'alimentent au niveau aquifère de la base du Cartennien et sont toutes situées sur les fractures dont il vient d'être question; on a là une preuve directe que celles-ci ont joué de nouveau. De semblables perturbations dans le régime des sources ont été souvent observées, en Algérie et ailleurs, à la suite de tremblements de terre; elles sont dues sans doute à une cause analogue.

EMBRYOGÉNIE VÉGÉTALE. — *Recherches embryogéniques sur l'Hippuris vulgaris L.* Note de M. **René Souèges**, présentée par M. L. Guignard.

L'ovule, chez l'*Hippuris vulgaris*, anatrope et pendant (*fig.* 1), possède un seul tégument composé de cinq à six assises cellulaires. Les cellules de l'assise interne (*ai*, *fig.* 2), plus hautes et plus étroites, ne se font cependant remarquer ni par leur régularité ni par l'épaisseur de leur contenu. Le canal micropylaire est très allongé. Le nucelle est presque entièrement résorbé au terme du développement du sac embryonnaire; il ne subsiste, au sommet, qu'une calotte conique d'une dizaine de cellules qui disparaissent peu à peu dans les premiers temps de l'embryogenèse (*fig.* 2, 3, 4).

Après la fécondation, le noyau secondaire donne deux noyaux-filles qui vont se placer aux deux pôles du sac. Aux dépens de ces deux noyaux, s'édifie un tissu endospermique, d'abord assez lâche (*fig.* 3, 4), mais bientôt composé d'éléments assez serrés dans les deux régions, antipodiale et micropylaire; quatre cellules d'albumen,

symétriquement placées, entourant très étroitement la base du suspenseur, se différencient en vésicules haustoriales très plasmatiques.

L'embryon se développe selon des lois très régulières, identiques à celles qui ont été exposées au sujet du *Veronica arvensis* [1].

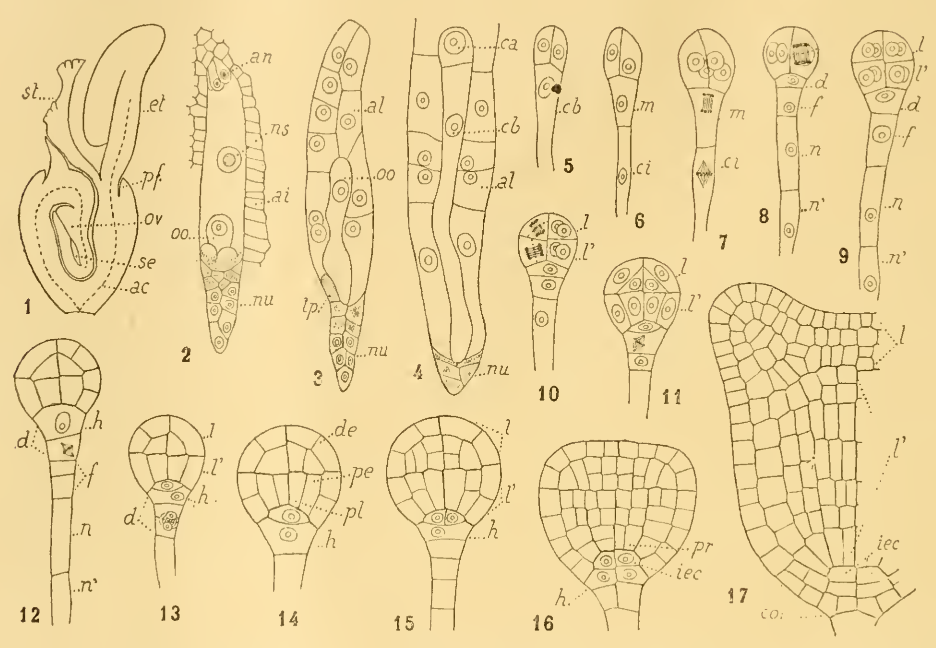


Fig. 1 à 17. — *Hippuris vulgaris* L. — Coupe longitudinale de la jeune fleur et du sac embryonnaire; les principales étapes du développement de l'embryon. *et*, étamine; *st*, style; *pf*, périanthe floral; *ov*, ovule; *se*, sac embryonnaire; *ac*, appareil conducteur; *an*, antipodes; *ns*, noyau secondaire; *oo*, oosphère; *nu*, nucelle; *ai*, assise interne du tégument séminal; *al*, albumen; *tp*, tube pollinique; *ca* et *cb*, cellule apicale et cellule basale du proembryon bicellulaire; *m* et *ci*, cellules-filles de *cb*; *d* et *f*, cellules-filles de *m*; *n* et *n'*, cellules-filles de *ci*; *h*, hypophyse; *l* et *l'*, les deux étages supérieurs du proembryon; *de*, dermatogène; *pe*, périblème; *pl*, plérome; *pr*, péricycle; *iec*, initiale de l'écorce au sommet radiculaire; *co*, coiffe. G. : 220; 44 pour la figure 1.

L'oospore s'allonge en un tube dont l'extrémité distale se trouve occupée par le noyau, tandis que l'extrémité proximale ne présente qu'une vaste vacuole (*oo*, *fig.* 3). Le premier cloisonnement est transversal et se produit au voisinage du sommet; il engendre donc deux cellules, *ca* et *cb* (*fig.* 4), très inégales de forme et de dimensions. Ces deux cellules se segmentent selon deux directions rectangulaires, la première verticalement (*fig.* 5), la deuxième horizontalement pour donner une tétrade semblable à celle que l'on rencontre le plus généralement chez les Angiospermes (*fig.* 6).

Les deux cellules supérieures juxtaposées par deux cloisons méridiennes se partagent en quatre cellules-quadrants circumaxiales (*fig.* 7); celles-ci, par segmentations transversales, donnent naissance aux huit octants, répartis en deux étages *l* et *l'*

---

[1] R. Souèges, *Embryogénie des Scrofulariacées. Développement de l'embryon chez le* Veronica arvensis *L.* (*Comptes rendus*, t. 172, 1921, p. 703).

(*fig.* 8 et 9). Dans les huit octants les premières cloisons sont tangentielles et séparent le dermatogène. Dans les nouveaux éléments engendrés, les segmentations continuent leur marche très exactement selon les règles qui ont été exposées à différentes reprises au sujet des Crucifères ([1]), de l'*Œnothera biennis* ([2]), du *Veronica arvensis* et du *Mentha viridas* ([3]) (*fig.* 12 à 17). Comme on peut le voir, aux dépens des quatre octants supérieurs, représentant l'étage *l*, se différencie la partie cotylée; aux dépens des quatre octants inférieurs, correspondant à l'étage *l'*, s'édifie l'hypocotyle.

Les deux cellules inférieures superposées de la tétrade entrent en division après les deux cellules supérieures. Elles se segmentent transversalement pour donner une file de quatre éléments, *d*, *f*, *n* et *n'* (*fig.* 7 à 9). Les trois éléments inférieurs font dès maintenant partie du suspenseur; l'élément *d* peut parfois se convertir directement en cellule hypophysaire, mais le plus souvent il se sépare par une nouvelle paroi transversale en deux cellules superposées dont la supérieure seule donne naissance à l'hypophyse. On sait que la cellule hypophysaire se reconnaît à son mode de division : la première cloison qui la partage, quand elle est transversale, prenant insertion sur les parois latérales des cellules voisines du dermatogène (*fig.* 11, 13, 14). Les deux cellules-filles que sépare cette cloison se segmentent verticalement pour donner deux tétrades superposées : la tétrade supérieure constitue les initiales de l'écorce, la tétrade inférieure donne, selon les règles ordinaires, le primordium de la coiffe (*fig.* 15, 16, 17).

Ainsi, il apparaît nettement que les lois de l'embryogenèse, chez l'*Hippuris vulgaris*, sont semblables à celles qui ont été observées chez le *Veronica arvensis*. Les formules du développement qui résument l'origine, la disposition et les destinées des premiers blastomères sont identiques; ce sont celles qui ont été données au sujet du *Mentha viridis*, avec une très légère correction concernant le rôle de la cellule *d*. Les mêmes différences qui séparent, au point de vue embryogénétique, le *Veronica arvensis* du *Capsella Bursa-pastoris* et de l'*Œnothera biennis*, se retrouvent chez l'*Hippuris vulgaris;* elles résident dans le retard des segmentations des deux cellules inférieures de la tétrade, dans l'origine de l'hypophyse et dans la forme et le développement du suspenseur.

La zygomorphie de la fleur, la réduction du nombre de ses pièces ou leur atrophie, l'unique tégument ovulaire, la résorption rapide du nucelle, la formation précoce du tissu endospermique, la différenciation, au voisinage

---

([1]) R. Souèges, *Nouvelles recherches sur le développement de l'embryon chez les Crucifères* (*Ann. Sc. nat. Bot.*, 9e série, t. 19, 1914, p. 311); *Les premières divisions de l'œuf et les différenciations du suspenseur chez le* Capsella Bursa-pastoris *Mœnch* (*Ibid.*, 10e série, t. 1, 1919, p. 1).

([2]) R. Souèges, *Embryogénie des Œnothéracées. Développement de l'embryon chez l'*Œnothera biennis *L.* (*Comptes rendus*, t. 170, 1920, p. 946).

([3]) R. Souèges, *Embryogénie des Labiées. Développement de l'embryon chez le* Mentha viridis *L.* (*Comptes rendus*, t. 172, 1921, p. 1057).

du micropyle, de grandes cellules haustoriales aux dépens des éléments de l'albumen sont autant de caractères qui, en outre des processus de l'embryogénèse, rapprochent l'*Hippuris vulgaris* de la famille des Scrofulariacées.

CHIMIE VÉGÉTALE. — *Sur la présence d'aucubine et de saccharose dans les graines de* Rhinanthus Crista-Galli *L.* Note de M. **Marc Bridel** et Mlle **Marie Braecke**, présentée par M. L. Guignard.

Dans un travail récent, nous avons montré que les graines de *Melampyrum arvense* L. renfermaient de l'aucubine. Ludwig et Muller ayant retiré de ces graines, en 1872, un glucoside qui serait identique à la rhinanthine, glucoside découvert par Ludwig, en 1870, dans les graines de *Rhinanthus Crista-Galli* L., et les propriétés attribuées par Ludwig à la rhinanthine différant des propriétés attribuées par Bourquelot et Hérissey à l'aucubine, nous avions terminé notre travail en disant que, seule, l'extraction du glucoside des graines de *Rhinanthus Crista-Galli* L. à l'état pur permettrait d'élucider la question de l'identité ou de la non-identité de l'aucubine et de la rhinanthine (1). Ce sont les résultats que nous avons obtenus au cours du travail effectué dans ce but que nous apportons ici.

Avant tout essai d'extraction, nous avons appliqué aux graines de Rhinanthe la méthode biochimique de Bourquelot. Nous avons obtenu les résultats suivants sur un extrait liquide, aqueux, dont 100^{cm^3} correspondaient à 100^g de graines. Les graines essayées avaient été récoltées aux environs de Mantes, le 21 juin 1922.

Rotation initiale ($l=2$)	— 8° 2′
» après action de l'invertine	—12° 7′
» après action de l'émulsine	+ 1° 12′
Sucre réducteur initial (pour 100^{cm^3})	$0^g,511$
» » après action de l'invertine	$3^g,025$
» » après action de l'émulsine	$4^g,939$

Sous l'action de l'émulsine, il s'est fait un changement de déviation vers la gauche de 4° 5′ et le sucre réducteur a augmenté de $2^g,514$. En supposant que cette quantité de sucre réducteur provienne de l'hydrolyse de saccharose, on aurait dû observer un changement de rotation de 4° 11′. La con-

(1) *Sur la présence de saccharose et d'aucubine dans les graines du* Melampyrum arvense *L.* (*Comptes rendus*, t. 173, 1921, p. 1403).

cordance entre le changement observé, 4° 5′, et le changement calculé, 4° 11′, est suffisante pour qu'on puisse dire que les graines de Rhinanthe renferment du saccharose.

Sous l'action de l'émulsine, le liquide a pris une teinte noire, foncée, puis il s'est fait un abondant précipité noir. Comme dans l'essai des graines de *Melampyrum arvense* L., il a fallu agiter avec du noir animal le liquide déféqué à l'extrait de Saturne, afin de pouvoir l'examiner au polarimètre. Il s'est fait un retour de la déviation vers la droite de 13° 19′ et la proportion de sucre réducteur a augmenté, corrélativement, de $1^g,914$, soit un indice de réduction de 143. L'aucubine possédant un indice de réduction de 144 et donnant à l'hydrolyse par l'émulsine un précipité noir, on avait l'indication très nette de la présence de ce glucoside dans les graines essayées.

Extraction de l'aucubine. — On a opéré sur 275^g de graines récoltées à Mantes le 21 juin 1922 et l'on a suivi exactement le mode opératoire employé avec les grains de Mélampyre [1] L'aucubine a cristallisé dans l'acétone à 2 pour 100. Mais alors que pour l'aucubine du Mélampyre, une seule cristallisation avait suffi pour l'avoir pure, il a fallu recourir ici à quatre cristallisations successives en variant les dissolvants pour parvenir au même résultat.

L'aucubine ainsi obtenue présentait un pouvoir rotatoire de

$$\alpha_D = -165°,32 \qquad (p = 0,1744;\ v = 10;\ l = 2;\ \alpha = -5°46').$$

Elle renfermait 5,41 pour 100 d'eau.

L'acide sulfurique à 3 pour 100 l'hydrolyse, à la température du B. M. bouillant avec formation d'un produit noir insoluble et d'une odeur aromatique caractéristique.

L'émulsine l'hydrolyse également avec formation d'un précipité noir, le liquide restant très coloré en brun. Il s'est formé 53,58 pour 100 de sucre réducteur.

Toutes ces propriétés concordent avec celles de l'aucubine.

Extraction du saccharose. — Pour obtenir le saccharose à l'état cristallisé, il nous a fallu passer par sa combinaison barytique qu'on a précipitée par l'alcool et qu'on a décomposée ensuite, non pas par l'acide carbonique, mais par l'acide sulfurique dilué. Le liquide aqueux, filtré, a été évaporé à sec, sous pression réduite. L'extrait obtenu a été traité à deux reprises, par 20^{cm^3} d'alcool à 95°, à l'ébullition. Le saccharose a cristallisé en quelques jours.

---

(1) *Loc. cit.*

On l'a recueilli, lavé à l'alcool et séché à l'air. Il y en avait $0^g,35$. Il présentait les propriétés suivantes :

Pouvoir rotatoire :

$$\alpha_D = +66°,45 \qquad (p = 0,1881;\ v = 10;\ l = 2;\ \alpha = +2°30').$$

La solution ayant servi à déterminer le pouvoir rotatoire a été additionnée de son volume d'eau toluénée et de $0^g,10$ d'invertine. En 24 heures, la rotation de la solution a passé de $+1°15'$ à $-18'(l = 2)$ et il s'est fait, pour 100^{cm^3}, $0^g,934$ de sucre réducteur, soit un indice de 602 (Théorie 603).

Le produit examiné est donc bien du saccharose.

En résumé, les graines de *Rhinanthus Crista-Galli* L. renferment de l'aucubine et du saccharose que nous avons obtenus à l'état pur et cristallisé.

PHYSIOLOGIE. — *Sur le mécanisme de fonctionnement des cellules adipeuses.* Note de M. A. **Policard**, transmise par M. Roux.

On connaît encore très mal le mécanisme du fonctionnement du tissu adipeux. Deux notions sont classiques à son sujet. Dans l'ordre cytologique, on a montré (Dubreuil) la participation des mitochondries à l'élaboration des vacuoles de graisse de la cellule adipeuse. Dans l'ordre biochimique, on sait que la graisse du tissu adipeux de réserve se rapproche toujours chimiquement de la graisse donnée dans l'alimentation (Kühne).

Ces deux notions paraissent contradictoires. L'une implique une transformation profonde de la graisse apportée à la cellule adipeuse, l'autre, au contraire, conduit à l'idée d'une fixation directe sans dislocation préalable. C'est à l'étude de ces faits que j'ai consacré quelques recherches. Les détails expérimentaux pourront être trouvés dans la thèse de mon élève Youliana Tritchkovitch [1].

La participation des mitochondries à l'élaboration de la graisse ne s'observe qu'aux premiers stades de la transformation de la cellule conjonctive en cellule adipeuse. C'est un processus embryologique. Dans la cellule adipeuse *adulte*, on ne peut constater pratiquement de mitochondries. Il n'y a pas lieu, par conséquent, de songer à un rôle quelconque de ces organites dans la prise et le rejet de la graisse qui s'opèrent constam-

---

(1) Youliana Tritchkovitch, *Contribution histophysiologique à l'étude du fonctionnement du tissu adipeux* (*Thèse de Lyon*, 1922).

ment dans le tissu adipeux adulte. Mes observations concordent à ce point de vue avec celles de Prenant [1]. Les mitochondries ne semblent pas intervenir dans le fonctionnement de la cellule adipeuse adulte.

Grâce à l'emploi des colorations vitales du tissu adipeux, par le rouge écarlate donné avec l'alimentation, on peut charger de couleur rouge les particules adipeuses circulant dans le sang et les divers éléments adipeux. La couleur, soluble seulement dans les graisses, précipite dès qu'il y a dislocation chimique de celles-ci. Par l'utilisation de cette méthode, j'ai pu apporter quelques détails sur le phénomène de la fixation des particules graisseuses du sang par le tissu adipeux adulte normal.

A un moment donné de l'évolution de la cellule adipeuse se produit une interversion de structure, dont l'importance physiologique est très grande. Dans les cellules adipeuses jeunes, la graisse apparaît sous forme de fines vésicules séparées par des travées de cytoplasma; c'est la disposition d'une émulsion, celle du lait par exemple. La graisse augmentant peu à peu, la cellule se remplit de petites vacuoles à peu près toutes de même taille, fort serrées les unes contre les autres, ce qui donne à la cellule traitée par des solvants un aspect spumeux caractéristique. Un phénomène de fusionnement des gouttelettes intervient à un certain stade, phénomène très rapide. En effet, quand on examine du tissu adipeux en voie d'engraissement, on constate que les cellules renferment, ou ces nombreuses petites vacuoles de graisse, ou une seule grosse vacuole; les formes intermédiaires sont très rares. Il y a une véritable rupture d'équilibre. Tout se passe comme si intervenait une brusque diminution de la tension superficielle entre les petites vacuoles adipeuses et le cytoplasma ambiant, ce qui amènerait le fusionnement rapide des gouttelettes.

Ce phénomène doit être rapproché des processus d'interversion du type colloïdal observables dans les mélanges huile-eau.

Tant que la teneur en eau est élevée, le mélange est constitué de particules d'huile (phase interne) en dispersion dans un milieu aqueux (phase externe). A un moment donné (point critique), la teneur en huile augmentant, le type de mélange change brusquement : l'eau devient la phase interne : ses particules sont dispersées dans l'huile, phase externe. Ces faits, qui sont à la base de l'industrie des graisses consistantes et des pommades et ont été récemment étudiées par Robertson [2], sont des plus

---

(1) Prenant, *C. R. Ass. des Anat.*, 13e réunion, Paris, 1911, p. 334.

(2) Robertson, *Koll. Zeitsch.*, VII, 1920, p. 7 (cité par Bary, *Les Colloïdes*, 1921, p. 490).

intéressants pour la compréhension du fonctionnement du tissu adipeux.

Cette interversion de structure, qui change profondément la morphologie de l'élément, en modifie aussi beaucoup la physiologie. Fonctionnellement transformé en une seule vésicule de graisse, cet élément est devenu capable de prendre par absorption des particules de graisse plus petites venant à son contact. Aussi fixe-t-il alors directement les hémoconies du sang. Il absorbe les particules de colorants liposolubles (rouge écarlate), que l'on porte à son contact, ce qui ne se produit pas avant l'interversion. Il graisse le papier tandis qu'il le mouillait auparavant.

Je pense que ce changement, dans l'équilibre colloïdal de la cellule adipeuse devenue adulte, joue un rôle essentiel dans son comportement physiologique, de ce fait complètement transformé.

Ce phénomène, du reste, n'est pas propre à la cellule adipeuse. Avec Mlle Tritchkovitch, j'ai signalé un processus de cet ordre dans la cortico-surrénale [1] et les glandes sébacées [2]. Il s'agit d'un fait très général. Pour ce qui concerne le tissu adipeux, il apparaît comme fondamental, puisqu'il est une des conditions essentielles de la fixation directe de la graisse par le tissu adipeux de réserve, sans dislocation chimique préalable. L'élaboration par les mitochondries ne représente qu'un des modes possibles de la prise de la graisse; chez les Mammifères ce mode semble n'exister qu'au niveau de la cellule adipeuse de type histologique embryonnaire. La cellule adulte prend la graisse par fixation directe.

Ainsi disparaît une contradiction apparente entre les données de l'histologie et celles de la physiologie.

PHYSIOLOGIE PATHOLOGIQUE. — *Diabète, acide β-oxybutyrique et lévulose.* Note de MM. A. **Desgrez**, H. **Bierry** et F. **Rathery**, présentée par M. Widal.

Nous avons mis en lumière la notion nouvelle d'une *spécificité alimentaire*, au sens chimique du mot, et insisté sur la nécessité d'états d'équilibre entre les divers éléments de la ration, variables avec la structure et la fonction chimique de ces constituants. Nous avons montré que si cet état d'équilibre se trouve rompu par une augmentation des corps gras dans le régime, on

---

(1) Policard et Tritchkovitch, *Sur un mécanisme intervenant dans la fixation des graisses par la cortico-surrénale* (*Comptes rendus*, t. 174, 1922, p. 960).

(2) Policard et Tritchkovitch, *Sur la fixation directe des graisses par les glandes sébacées* (*Comptes rendus*, t. 174, 1922, p. 1364).

voit, chez le diabétique acidosique notamment, le taux des « corps acétoniques » s'élever d'une manière progressive, plus ou moins accentuée suivant la nature de la graisse ingérée. C'est qu'il existe des interpénétrations entre les produits de dégradation des trois grandes catégories d'aliments et, qu'en particulier, le métabolisme de certains acides gras ou aminés (cétogènes) est conditionné par les hydrates de carbone.

A diverses reprises ([1]), nous avons relaté la variabilité de pouvoir anticétogénique entre les sucres étudiés. Nos nouvelles expériences, relatives au *d*-fructose et au *d*-glucose, précisent les rapports étroits qui existent entre ce pouvoir anticétogénique et la structure moléculaire d'un sucre.

Il est nécessaire que nous coordonnions d'abord un certain nombre de faits, épars dans la littérature, qui, rapprochés de ceux que nous publions, permettent d'envisager un rôle fonctionnel nouveau du lévulose, car si les travaux concernant l'emploi de ce sucre chez le diabétique ont été nombreux (Külz, Minkowski, Naunyn, Von Noorden, Joslin, Benedict, etc.), ces travaux visent surtout l'élimination de cet hexose.

D'une part, quand l'organisme diabétique présente une incapacité presque complète à transformer le dextrose en glycogène, il conserve encore la faculté d'intervertir la polarité de certains sucres lévogyres, le *d*-fructose en particulier, et d'en faire du glycogène droit (Minkowski, von Noorden). Il est donc logique de penser que les hexoses, avant de s'accumuler dans l'organisme à l'état de glycogène, passent par des phases successives d'isomérisation et d'énolisation et qu'au cours de ces étapes successives, le lévulose se trouve moins éloigné du glycogène que le *d*-glucose (Cremer, de Meyer, Isaac).

D'autre part, si le diabétique acidosique utilise mal l'acide β-oxybutyrique gauche qu'il élimine constamment, il reste toutefois capable de brûler la forme droite de cet acide.

L'hypothèse, émise par Marriott, d'un rapport de cause à effet entre l'absence de glycogène, chez certains diabétiques, et le manque d'utilisation, de l'acide lévogyre est plausible. Il suffit d'admettre que le métabolisme de l'acide *l*-β-oxybutyrique est conditionné par un blocage préalable avec la forme α du *d*-glucose, forme qui est fournie de façon incessante à l'organisme par la désintégration du glycogène. Celui-ci, en effet, est susceptible de donner successivement un glucobiose α et les deux formes tautomères α et β du *d*-glucose. Cette hypothèse expliquerait également pourquoi, dans

([1]) *C. R. Soc. Biologie*, 4 février 1922; *Comptes rendus*, t. 174, 1922, p. 1576.

les expériences de perfusion (Embden et Wirth), avec un même corps cétogène, on obtient, suivant la richesse en glycogène du foie perfusé, plus ou moins de « corps acétoniques ».

Si cette hypothèse est fondée, l'ingestion de lévulose doit amener une diminution dans l'élimination de l'acide β-oxybutyrique, chez le diabétique acidosique. C'est ce que l'expérience démontre.

Nous avons tenu à faire ingérer le lévulose, dont la pureté avait été vérifiée, dans les meilleures conditions d'assimilation : doses journalières de 25^g à 30^g (en 3 ou 4 fois) et associé à des phosphates, pour tenir compte des données acquises à la suite des travaux de Harden et Young, et de ceux, plus récents, de Embden et Laquer. Enfin, nous ajoutions à la ration des vitamines A et C et un *complément* important de *facteur* B, guidés en cela par les expériences de Funk et les nôtres, sur le rôle important joué, par la vitamine B, dans le métabolisme des hydrates de carbone chez l'homme normal, en général, et chez le diabétique, en particulier.

Les diabétiques acidosiques, chez qui nous avons préalablement déterminé le coefficient d'assimilation hydrocarbonée, étaient soumis à un régime équilibré en protéines, graisses et hydrates de carbone, pendant un certain temps. Ensuite, on augmentait, dans la ration, brusquement, la proportion des corps gras, de façon à élever le taux d'élimination de l'acide β-oxybutyrique. Nous donnions alors le lévulose. Après avoir constaté la baisse de l'acide cétogène, nous supprimions ce sucre de la ration, ainsi que les phosphates et le facteur B. Quand, de nouveau, l'élimination de l'acide β-oxybutyrique était en progression, le glucose, toutes choses égales d'ailleurs, était substitué au lévulose. Voici un exemple des résultats obtenus :

Éliminations par 24 heures.

	1° Avec régime équilibré.	2° Avec supplément de graisse.	3° Avec supplément de graisse + lévulose.		4° Idem sans lévulose.	5° Idem avec glucose	
			1er jour.	2e jour.		1er jour.	2e jour.
	g	g	g	g	g	g	g
Glucose............	40,90	36,60	51,40	58,00	62,90	58,00	54,00
Corps cétoniques....	0,31	0,46	0,54	0,50	1,30	0,85	0,60
Acide cétogène......	0,33	0,54	0,37	0,30	1,74	1,20	1,15
Urée..............	20,14	18,64	20,90	23,10	»	»	»
NH^3 en N..........	0,37	0,30	0,60	0,80	»	»	»
NH^2 en N..........	0,20	0,14	0,17	0,09	»	»	»
Corps puriques.....	0,58	0,71	0,50	0,50	»	»	»
N total............	10,92	9,80	11,70	12,40	»	»	»
C total............	25,10	22,40	30,10	34,00	»	»	»

Ce Tableau, emprunté à la moyenne de nos résultats, montre que le pouvoir anticétogénique du *d*-fructose a été nettement supérieur à celui du *d*-glucose. Il montre également l'influence des phosphates et du facteur B sur la glycosurie.

Dans certaines expériences qui ont duré huit mois, le lévulose, associé aux phosphates et au facteur B, a été administré, aux doses indiquées,

durant deux périodes de huit jours chacune, au début et à la fin de chaque mois. Nous avons constaté une amélioration des malades [1] et une baisse de l'acide cétogène aux périodes d'ingestion du lévulose. Ce mode de traitement, avec deux cures de lévulose par mois, nous a paru donner les meilleurs résultats.

Il existe des différences individuelles, chez les diabétiques, en ce qui concerne leur capacité d'assimilation pour le lévulose, mais, en général, le sucre est bien toléré, aux doses indiquées; une petite quantité seulement s'élimine, en nature, par les urines.

Conclusions. — Les divers sucres ne sont pas indifféremment interchangeables dans la ration; l'équilibre de l'organisme demeure, dans une certaine mesure, conditionné par la structure moléculaire de l'aliment. Il est devenu nécessaire de considérer une spécificité alimentaire, au sens chimique du mot.

L'ingestion de lévulose permet de remédier à certains accidents du métabolisme; son emploi, chez le diabétique, en général, fournit un moyen de prévenir et de combattre l'élimination de l'acide β-oxybutyrique. La tolérance hydrocarbonée d'un diabétique étant déterminée, il suffit de faire entrer, pour une part, associé à des phosphates et au facteur B, le lévulose dans la quantité maxima d'hydrates de carbone que le malade peut encore assimiler.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Uréase et urée chez les champignons.* Note de MM. **A. Goris** et **P. Costy**, présentée par M. Guignard.

La découverte de l'uréase et de l'urée chez les champignons est récente. Shibata [2], en 1903, signale la présence de ce ferment dans le mycélium de l'*Aspergillus niger;* Kossovicz [3] le retrouve dans diverses moisissures. Mais, jusqu'alors, l'uréase n'avait pas encore été caractérisée chez les champignons supérieurs.

Vers la même époque, Bamberger et Landsiehl [4] démontrent l'existence de l'urée chez les *Lycoperdon bovista* L. et *Lycoperdon gemmamtu*

---

(1) F. Widal, Ch. Achard et leurs élèves, dans des expériences instituées à un autre point de vue, ont montré les différences d'action du lévulose et du glucose chez les diabétiques.

(2) *Beit. z. chem. Phys. u. Path.*, t. 5, 1904, p. 321.

(3) *Zeitsch. f. Gärungsphys.*, t. 1, 1912, p. 60.

(4) *Mon. f. Chem.*, t. 24, 1903, p. 218.

H.dan. En 1906, Goris et Mascré [1], au cours de divers traitements sur de nombreux champignons, signalent la présence de ce composé chez le *Tricholoma Georgii* Fr., ainsi que chez le *Psalliota campestris* Fr. Leurs recherches demeurent infructueuses pour les autres espèces traitées.

La découverte chez les végétaux d'un produit que l'on croyait être exclusivement un produit d'excrétion de l'activité animale ne laissa pas que de surprendre ces auteurs, et Goris et Mascré ne firent part de leurs observations qu'après avoir répété leurs expériences plusieurs années de suite : ils craignaient, en effet, la contamination toujours possible par des déjections animales.

De nouvelles méthodes permettent aujourd'hui de caractériser de façon plus sensible la diamide carbonique ; elles nous ont permis sa recherche et son dosage chez les champignons supérieurs.

L'uréase existe chez tous ou presque tous les Basidiomycètes et Ascomycètes. On l'y rencontre en quantité plus ou moins grande suivant les espèces et suivant les genres. La méthode qui nous a permis de caractériser ce ferment est la suivante :

On introduit $0^{g},50$ à 1^{g} du champignon dans de petites fioles stériles de 60^{cm^3}; on y ajoute 30^{cm^3} d'une solution d'urée $\frac{N}{10}$ dans l'eau toluénée. On bouche avec un tampon de coton maintenant un papier de tournesol humecté. Des flacons témoins avec l'urée d'une part et le champignon d'autre part, dans l'eau distillée, permettent de s'assurer de la valeur de la réaction. Le tout est porté à l'étuve à 37°. Le bleuissement du papier de tournesol indique la décomposition de l'urée et par suite la présence d'uréase. Il est indispensable de suivre la réaction d'heure en heure, car certaines espèces, peu riches en uréase, donnent un résultat négatif au bout de la première heure, qui devient positif dans la suite.

Un dosage titrimétrique, au moyen d'une solution $\frac{N}{10}$ de HCl, en présence d'hélianthine, nous renseigne sur l'activité du ferment.

Cette activité est variable suivant les espèces, très grande pour certaines, faibles ou nulles pour d'autres. Elle diffère aussi suivant les parties des Champignons employés, et si l'on étudie séparément le pied, le chapeau et l'hyménium, on constate que ce dernier jouit à lui seul de presque toute l'activité fermentaire du champignon.

L'uréase existe chez presque tous les genres, et le nombre des espèces essayées jusqu'à ce jour atteint près de 200. Toutefois les Amanites et Lépiotes examinées nous ont donné des résultats négatifs. L'uréase fait également défaut chez les *Lycoperdon*, chez *Pluteus cervinus* Schœff.,

---

(1) *Comptes rendus*, t. 147, 1908, p. 1488.

Clitopilus orcella Bull., *Paxillus involutus* Batsch., *Marasmius oreades* Bolt., *Coprinus comatus* Fr., *Tricholoma nudum* Bull., *Clitocybe nebularis* Fr., etc.

Les insuccès partiels, signalés par Goris et Mascré, nous firent penser à une corrélation possible entre l'absence de l'uréase et la présence d'urée dans les champignons. Par la méthode de Fosse, il nous a été facile de rechercher et de doser ce composé :

10g de champignons frais, coupés en petits morceaux, sont jetés dans l'alcool à 90°, bouillant, maintenu 15 à 20 minutes au bain-marie. On exprime; on distille la liqueur obtenue dans le vide, jusqu'à évaporation complète de l'alcool. Le résidu aqueux est filtré sur papier préalablement mouillé et, dans la liqueur, on précipite l'urée par le xanthydrol.

La proportion d'urée contenue dans les Champignons varie suivant l'espèce, comme le montre le Tableau suivant :

	Pour 1000.		Pour 1000.
Amanita pantherina Fr.	0,43	*Clitocybe nebularis* Fr.	0,34
» *phalloides* Fr.	1,70	» *cerussata* Fr.	2,55
» *rubescens* Fr.	0,72	*Pluteus cervinus* Schœff.	2,54
» *solitaria* Bull.	1,50	*Clitopilus orcella* Bull.	3,90
» *verna* Bull.	0,96	*Psalliota campestris* L.	4,50
Lepiota procera Scop.	2,24	» *xanthoderma*.	2,10
» *excoriata* Schœff. . .	1,15	*Coprinus comatus* Fr.	1,90
» *rhacodes* Witt.	0,90	*Paxillus involutus* Batsch.	0,60
Tricholoma gambosum Fr. . .	2,13	*Lycoperdon gemmatum* H. dan.	2,51
» *nudum* Bull. . . .	0,28	» *furfuraceum*.	8,03
» *panæolum* Fr. . .	5,17	» *excipuliforme* Scop.	1,36
		Bovista plumbea Pers.	9,23

Nos expériences nous permettent d'affirmer la présence d'uréase chez presque tous les Champignons supérieurs; lorsque ce ferment fait défaut, ou ne se trouve qu'en proportion très faible, l'urée existe en proportion variable dans le thallophyte, suivant le stade végétatif.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Influence de la constitution des milieux nutritifs sur la composition de l'*Aspergillus niger. Note de MM. **Émile-F. Terroine**, **R. Wurmser** et **J. Montané**, présentée par M. Guignard.

La plupart des micro-organismes — et particulièrement l'*Aspergillus niger* — manifestent une aptitude remarquable à se développer dans des conditions nutritives très diverses. Souvent même le rendement des processus de croissance est indépendant de ces conditions dans de larges

limites. Nous avons montré[1] que ce rendement ne varie ni avec la température entre 22° et 38°, ni avec la réaction acide entre $P_H = 7,7$ et $P_H = 2,9$, ni avec une concentration du milieu en sulfate d'ammoniaque allant de 5 à 100 pour 1000, ni avec la nature des aliments azotés tels que le sulfate d'ammoniaque, l'urée, la guanidine et l'acide nitrique, ni enfin avec la nature des aliments hydrocarbonés tels que le glucose, le lévulose, l'arabinose, le xylose, le saccharose et le maltose. Dans ces conditions si diverses de culture, la composition du micro-organisme reste-t-elle toujours constante? En ce qui concerne la teneur en substances minérales, les travaux de Molliard[2] ont établi que déjà le taux de cendres change avec l'âge de la culture, en dehors de toute modification dans la nature des aliments. Quant à ceux-ci, leur influence sur la composition du mycélium, malgré les recherches de Sieber[3], de Abderhalden et Rona[4], et de Marschall[5], n'est pas encore précisée. C'est pourquoi nous avons entrepris les déterminations suivantes.

Nous avons limité cette première série de recherches au dosage de l'azote total, qui fournit assez grossièrement des indications sur la teneur du mycélium en protéiques. Les facteurs que nous avons étudiés en vue d'en établir l'influence sont : l'état du développement, la concentration des aliments ternaire et azoté, la nature de l'aliment ternaire, la nature de l'aliment azoté, l'inanition. Toutes les cultures ont été faites en milieu liquide et prenant pour base la solution saline de Czapek.

1° *Influence de l'état du développement.* — Les chiffres suivants indiquent les moyennes des dosages d'azote total, pratiqués sur des récoltes de poids de plus en plus élevé.

Récoltes inférieures à 0g,100	6,6
» de 0,100 à 0,200	6,2
» de 0,200 à 0,400	6,0
» de 0,400 à 0,600	5,9
» de 1,000 à 1,500	5,3

La teneur en azote baisse au cours du développement.

2° *Influence de la concentration en aliment azoté.* — Les expériences ont été effectuées en faisant varier la teneur du milieu en sulfate d'ammoniaque.

---

(1) *Comptes rendus*, t. 173, 1921, p. 482; t. 174, 1922, p. 1435; t. 175, 1922, p. 228.

(2) *C. R. Soc. Biol.*, t. 82, 1919, p. 754.

(3) *Journ. f. prakt. Chem.*, N. F. 28, 1881, p. 412.

(4) *Zeits. f. physiol. Chem.*, t. 46, 1905, p. 179.

(5) *Archiv. f. Hygiene*, t. 28, 1897, p. 16.

Sulfate d'ammoniaque 10 pour 1000	....	5,6
» » 20 »	....	5,4
» » 40 »	....	5,6
» » 50 »	....	5,7
» » 100 »	....	6,1

La teneur en azote ne varie pas avec la concentration de l'aliment azoté.

3° *Influence de la concentration en aliment hydrocarboné.* — Dans les expériences, le milieu est toujours à 5 pour 1000 en sulfate d'ammoniaque.

Glucose, 3 pour 100	6,0
Glucose, 30 pour 100	4,5
Saccharose, 20 pour 100	3,13
Saccharose, 40 pour 100	4,17
Saccharose, 40 pour 100 (récoltes inférieures à $0^{g},300$)	7,59

Sauf dans les cultures jeunes, qui présentent une augmentation de la teneur en azote quand la concentration de l'aliment hydrocarboné augmente, on observe dans les milieux riches en sucre un abaissement considérable du taux d'azote total.

4° *Influence de la nature de l'aliment azoté.* — Le milieu renferme toujours 3 pour 100 de glucose et une même teneur en azote dont l'origine seule varie.

Sulfate d'ammoniaque	6,0
Urée	5,57
Nitrate de soude	5,2
Peptone de soie	4,9
Guanidine	3,3

La substitution de l'urée ou du nitrate de soude au sulfate d'ammoniaque modifie à peine la teneur en azote des récoltes; celle de la peptone et surtout de la guanidine l'abaisse fortement.

5° *Influence de la nature de l'aliment hydrocarboné.* — La source d'azote est invariablement du sulfate d'ammoniaque à 5 pour 1000.

Glucose	6,0
Xylose	6,24
Arabinose	5,84
Galactose	4,74

Alors que la substitution au glucose du xylose ou de l'arabinose n'entraîne aucune modification, celle du galactose provoque un abaissement sensible du taux de l'azote.

6° *Influence de l'inanition.* — Le mycélium obtenu par culture normale est lavé et placé ensuite en milieu de Czapek, soit glucosé (inanition azotée), soit sans azote ni sucre, puis maintenu à l'étuve à 37° pendant 5 jours.

Inanition azotée	2,63
Inanition azotée et hydrocarbonée	2,67

La teneur en azote s'abaisse considérablement.

L'absence de réserve azotée en présence de hautes concentrations d'ammoniaque, l'accumulation de substances ternaires en présence de hautes

concentrations d'hydrocarbones, enfin la consommation de protéiques à l'inanition — même une fois couverts les besoins énergétiques — sont autant de faits qui rapprochent la physiologie de l'*Aspergillus* de celle des animaux supérieurs.

BACTÉRIOLOGIE. — *Un nouveau bacille fixateur d'azote.* Note de MM. **Georges Truffaut** et **N. Bezssonoff**, présentée par M. L. Maquenne.

Au cours d'examens microscopiques du contenu de tubes d'Agar glucosé ensemencés en profondeur par des dilutions de terre des jardins de Versailles, nous avons trouvé un petit bacille, Grampositif, se rattachant morphologiquement au groupe du *Proteus* (*Bacillus vulgaris*).

Ce bacille, isolé en culture pure, se développe dans des conditions nettement aérobies et se montre un fixateur énergique de l'azote atmosphérique. Le liquide où fut étudiée la fixation de l'azote par cet organisme avait la composition suivante :

	g
KCl	0,25
KH^2PO^4	0,25
$MgSO^4$	0,25
$MnSO^4$	0,004
$NaNO^3$	0,03
Peptone	0,02
Liebig	0,02
$CaCO^3$ (pour 1^l d'eau de source)	2

On y ajouta des hydrates de carbone, saccharose, lévulose, glucose, lactose ou mannite à la dose de 10^g par litre. La teneur en azote de ces divers milieux, dans les ballons témoins de chaque série, varia entre 59^{mg} et 66^{mg} par litre. Pour chaque sucre expérimenté après trois semaines d'incubation à une température de 25°, en même temps que l'on déterminait la quantité de sucre non consommée, on procéda au dosage de l'azote.

Le gain en azote exprimé en milligrammes par gramme de sucre utilisé fut de :

	1er ballon.	2e ballon.	Moyenne.
Glucose	2,0	1,6	1,8
Saccharose	2,4	2,4	2,4
Lévulose	2,8	1,9	2,3
Lactose	4,4	5,0	4,7

En ce qui concerne la mannite, les dosages d'azote accusèrent des gains de 26^{mg}, 16^{mg}, 33^{mg}, 17^{mg}, 29^{mg}, 23^{mg}, 21^{mg}, 24^{mg} par litre de milieu mannité. Bien que le dosage de la mannite à la fin de ces incubations n'ait pas

été effectué, en admettant que toute la mannite ait été consommée, on obtint une moyenne minima de fixation d'azote de $2^{mg},3$ par litre.

La quantité d'azote fixée par gramme d'hydrate de carbone augmente notablement quand la teneur du milieu est plus faible en sucre. Le même milieu de culture que celui précédemment décrit, ne contenant que 5^{g} de lévulose par litre au lieu de 10^{g}, a donné lieu à une fixation de 8^{mg} et de $6^{mg},5$, soit en moyenne 7^{mg} d'azote par gramme de lévulose.

L'étude détaillée du bacille en question montra que nous nous trouvions en présence d'un fixateur d'azote non encore signalé. Nous avons constaté que ce bacille produit de l'alcool éthylique (en moyenne $0^{g},28$ par litre), et comme acide volatil uniquement de l'acide acétique. La production de l'alcool éthylique fut déterminée dans deux cultures sur milieu mannité en redistillant chaque fois deux litres du milieu ayant servi à la culture. Le distillat avait une odeur nette d'alcool éthylique; sa présence fut établie par la formation d'iodoforme. Les dosages d'alcool effectués par la méthode colorimétrique au $K^2Cr^2O^7$ donnèrent $0^{g},23$ et $0^{g},32$ d'alcool pour 1000.

La présence d'acide acétique dans le même bouillon de culture fut déterminée par la méthode Duclaux.

Ce bacille réduit les nitrates jusqu'au terme ammoniaque. Les cultures sur plaques amidonnées après traitement à l'iode montrèrent la présence d'une diastase.

Les colonies isolées, après une semaine de développement, prennent une forme ovale irrégulière, souvent surmontées d'une proéminence marquée, au centre. Leur couleur est blanc grisâtre et se conserve même dans les vieilles cultures (4 mois). Le bacille liquéfie rapidement la gélatine. Il se développe assez lentement sur la pomme de terre en une couche humide, blanc grisâtre; dans les bouillons de culture précédemment indiqués, il forme un trouble général et des pellicules sèches sur la surface du liquide. Sur le lait, son développement est extrêmement lent et reste insignifiant.

Le développement abondant du bacille en conditions anaérobies n'a pu être observé qu'en présence du *Clostridium pastorianum*, en tubes d'Agar glucosé fermentés par ce dernier.

Dans les jeunes cultures, le bacille se présente sous forme de bâtonnets de $1^{\mu},5$ à 2^{μ} de long; $0^{\mu},5$ à $0^{\mu},8$ de large. Dans les cultures sur gélose, les bâtonnets se présentent sous forme de courts chaînons à deux éléments. En milieu liquide, on rencontre de longs filaments comprenant jusqu'à dix chaînons. Dans les vieilles cultures, on rencontre des formes involutives, rappelant celles décrites pour le *Proteus vulgaris* aux éléments renflés et courts; après repiquage sur gélose réapparaît la forme première.

Le bacille est très motile, il forme des spores endogènes mesurant 1$^{\mu}$ de long, sur 0$^{\mu}$,6 de large. Sa résistance à la chaleur est de 75° en 20 minutes.

Il paraît être très répandu dans le sol. Nous avons pu l'isoler d'une dilution de terre au $\frac{1}{2\,000\,000}$, soit 2 millions d'organismes par gramme.

Nous résumons brièvement les caractéristiques du bacille : petit bâtonnet, Gram positif, semblable au *Proteus vulgaris*, aérobie sporogène, motile; liquéfiant la gélatine, colonies de forme spéciale, blanches sur gélose, brillantes, blanches sur pomme de terre; assimilant la mannite, le glucose, le saccharose, le levulose, le lactose, fixant l'azote atmosphérique à raison de 2^{mg} à 7^{mg} par gramme d'hydrate de carbone, suivant le sucre employé et sa concentration. Dénitrifiant énergique, possédant une diastase, produisant dans les milieux liquides de l'alcool éthylique et de l'acide acétique; abondant dans le sol.

L'ensemble de ces caractères distingue nettement cet organisme de tous les fixateurs d'azote atmosphérique décrits jusqu'à ce jour. Il se distingue également de celui des non-fixateurs qui se rapproche le plus de lui par sa morphologie, le *Proteus vulgaris*.

Nous proposons de nommer cet organisme *Bacillus Truffauti*.

MICROBIOLOGIE. — *Action sur les microbes du rayonnement secondaire des rayons X*. Note de MM. **J. Cluzet**, **A. Rochaix** et **Th. Kofman**.

Nous avons montré (1) que, si les rayons γ du radium, contenu dans les tubes de platine ordinairement utilisés en thérapeutique, n'ont aucune action notable sur les microbes, au contraire les rayons secondaires émis par les parois de platine des tubes détruisent les cultures placées à l'état de vie ralentie. Nous nous sommes demandé si l'on obtiendrait encore l'effet bactéricide en faisant résonner des radiateurs métalliques soumis à un rayonnement X primaire. Nos expériences ont porté sur des métaux qui se trouvaient soit à l'état massif, soit à l'état colloïdal. Comme dans nos recherches antérieures, les microbes ont été placés en état de vie ralentie, en maintenant les milieux liquides (eau peptonée) ensemencés à la température de la glace fondante. Les radiateurs métalliques, massifs ou colloïdaux, étaient plongés au sein même de la culture, contenue dans un petit cristallisoir fermé par un papier filtre, au travers duquel l'irradiation était pratiquée.

Le rayonnement primaire provenait d'une ampoule Coolidge dont l'anti-

(1) *Comptes rendus*, t. 172, 1921, p. 97.

cathode était placée à 30^{cm} des milieux et nous opérions soit avec des rayons mous, soit avec des rayons durs.

Des cultures témoins, les unes sans radiateur et soumises à l'influence du rayonnement primaire, les autres renfermant les radiateurs mais non soumises à l'irradiation, accompagnaient chaque expérience.

I. *Radiateurs massifs.* — En employant d'abord un rayonnement primaire de faible pénétration (7^{cm} à 8^{cm} d'étincelle équivalente 1,5 milliampère) nous avons recherché l'action sur le bacille d'Eberth et sur le bacille dysentérique (type Flexner); les radiateurs étaient constitués par des lames d'aluminium, de fer, de cuivre, soit planes, soit plus ou moins contournées pour augmenter la surface radiante.

Sur le bacille d'Eberth, nos expériences ont montré constamment une action retardante sur le développement de la culture soumise au rayonnement secondaire provenant des lames d'aluminium; la stérilisation complète est obtenue avec de fortes doses. Voici à titre d'exemple une des expériences les plus concluantes :

4 heures d'irradiation (réparties en 3 jours); action nulle : cultures irradiées et témoin poussent en 18 heures.
6 » » (réparties en 4 jours); 24 heures de retard sur le témoin.
9 » » (réparties en 7 jours); 48 heures de retard sur le témoin.
12 » » (réparties en 10 jours); stérilisation complète, le témoin pousse en 18 heures.

Avec les radiateurs de cuivre et de fer, aucun résultat ne peut être retenu, car les tubes témoins eux-mêmes étaient stérilisés par suite de la formation de sels antiseptiques, dus à l'action de ces métaux sur les cultures.

Sur le bacille dysentérique (Flexner), nous avons expérimenté avec les radiateurs constitués par des fragments de sélénium, cobalt, nickel, cadmium, bismuth. Le temps d'irradiation a atteint 14 heures, à raison de 90 minutes par jour; toutes les autres conditions étaient les mêmes que précédemment. En ce qui concerne le sélénium et le bismuth, aucune action n'a été obtenue : en 18 heures les cultures irradiées se développent comme les cultures témoins. Pour le cadmium les cultures irradiées restent stériles; mais les cultures témoins également. Par contre, les radiateurs constitués par le cobalt et le nickel émettent un rayonnement nettement bactéricide, empêchant le développement ultérieur des cultures; les témoins poussant en 18 heures.

En employant ensuite un rayonnement primaire de forte pénétration (20^{cm} de longueur d'étincelle équivalente, 1,5 milliampère), nous avons

choisi un seul radiateur, le nickel, que les expériences précédentes nous ont montré être le meilleur.

Les bacilles dysentériques (Flexner, Hiss), le bacille d'Eberth, les paratyphiques B (Schottmüller, Conradi) et le Vibrion cholérique, bien qu'irradiés pendant 20 jours, à raison de 90 minutes par jour, n'ont pas été influencés.

2. *Radiateurs colloïdaux.* — Les expériences ont été effectuées avec des rayons moyennement durs (12^{cm} d'étincelle équivalente, 1,5 milliampère), et des cultures d'Eberth dans les mêmes conditions que précédemment, mais les cultures renfermaient, comme radiateurs, des colloïdes métalliques : manganèse, fer, sélénium, argent, platine; on mélangeait 2^{cm^3},5 de solution colloïdale à 1^{cm^3},5 d'eau peptonée. La durée d'irradiation était de 12 heures, réparties sur 9 jours. Les résultats ont été complètement négatifs.

Il est cependant à noter que les cultures additionnées d'argent colloïdal, irradiées ou non, ont été stérilisées par suite de la seule action du métal immergé dans les cultures. Il est à remarquer en outre que des expériences effectuées dans les mêmes conditions, mais en vue de montrer l'infertilisation des milieux de culture, ont donné des résultats négatifs.

De plus, nous avons vérifié par de nombreuses expériences que le rayonnement X primaire n'a pas d'action microbicide ou même simplement retardante, soit que l'on emploie des rayons mous, soit que l'on emploie des rayons durs.

En résumé, s'il nous a été impossible, comme à la plupart des expérimentateurs, d'observer une action bactéricide due directement aux rayons X, nous avons mis en évidence une action inhibitrice due au rayonnement secondaire, en plaçant les cultures à l'état de vie ralentie.

Les radiateurs métalliques massifs à poids atomique faible (aluminium, cobalt, nickel) donnent cette action inhibitrice, quand ils sont excités par des rayons X peu pénétrants; un rayonnement primaire très pénétrant ne peut faire résonner convenablement ces radiateurs.

La séance est levée à 16 heures.

É. P.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 9 OCTOBRE 1922.

PRÉSIDENCE DE M. ALBIN HALLER.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Président** annonce à l'Académie que la prochaine séance publique annuelle aura lieu le 18 décembre.

M. **A. Lacroix** s'exprime en ces termes :

Le Tome II de ma *Minéralogie de Madagascar*, que j'ai l'honneur d'offrir à l'Académie, comprend deux parties :

La première est consacrée à la *Minéralogie appliquée;* j'y étudie en détail tous les gisements minéraux utilisés ou utilisables dont quelques-uns, fort intéressants au point de vue scientifique, constituent en outre une richesse pour la Colonie [or, graphite, gemmes, corindon (abrasif), minéraux radioactifs, micas, etc.].

La seconde partie traite de la *Lithologie*, ou plutôt d'une partie de la Lithologie (roches éruptives et schistes cristallins du Massif ancien; roches intrusives post-liasiques), car les roches volcaniques, les sédiments et la latérite seront étudiés dans un troisième volume en cours d'impression. Pour la première fois dans un ouvrage d'ensemble, j'ai exposé mes vues sur la constitution des roches éruptives et des schistes cristallins qui ont fait l'objet de nombreuses Notes préliminaires publiées dans les *Comptes rendus*. Je me suis appuyé sur un grand nombre d'analyses chimiques nouvelles (plus de 550 pour l'ensemble de l'ouvrage) qui font désormais de Madagascar l'un des pays les mieux connus à ce point de vue.

---

(1) *Minéralogie de Madagascar*, t. II. *Minéralogie appliquée et Lithologie*, 1 vol. in-4°, 694 pages avec 29 planches hors texte et 11 cartes dans le texte. Paris. 1922. Augustin Challamel, éditeur.

PALÉONTOLOGIE. — *Les Lépidocyclines et leur évolution : un genre nouveau « Amphilepidina »*. Note de M. H. Douvillé.

Lorsqu'on étudie la distribution des fossiles dans les temps géologiques, on constate que dans les mers de la période secondaire, il existe une zone chaude privilégiée au point de vue du développement des êtres; elle fait le tour du globe en séparant l'Eurasie de l'Afrique et l'Amérique du Nord de l'Amérique du Sud, c'est ce que j'ai appelé la *Mésogée*. C'est dans cette zone que se sont multipliés les Rudistes et les plus grands Foraminifères, d'abord les *Orbitolines*, puis les *Loftusia* et les *Alvéolines*, les *Orbitoïdes* et les *Orbitolites*, enfin les *Nummulites;* c'est dans cette zone que se sont formés les gîtes de pétrole les plus importants.

Les dernières grandes dislocations de l'écorce terrestre se sont produites près de son rivage Nord, pendant et surtout à la fin de la période éocène, donnant naissance aux grandes chaînes de montagnes, Pyrénées, Alpes, Himalaya. Comme contre-coup de ces grands mouvements, la Mésogée s'est trouvée coupée par le soulèvement de la région comprise entre la Méditerranée et l'océan Indien, Égypte et Arabie, Palestine, Égéide (effondrée depuis) et Asie Mineure.

Mais la zone mésogéenne n'en a pas moins continué à jouer un rôle important dans le développement de la vie, et en particulier dans la distribution des faunes terrestres. C'est enfin sur les bords de ce massif nouveau, le plus nouveau de notre continent, que se sont développées les plus anciennes civilisations humaines, Égypte, Chaldée et Grèce; c'est sur le massif lui-même qu'ont pris naissance les grandes religions, Judaïsme, Christianisme, Mahométisme.

Jusqu'à quel point les faunes marines ont-elles été affectées par cette rupture de la Mésogée?

Le problème est trop vaste pour être embrassé dans sa généralité et je me bornerai à examiner aujourd'hui un cas particulier, celui d'un groupe d'Orbitoïdes, parmi les Foraminifères.

Les *Orbitoïdes* crétacés, les *Orthophragmina* de l'Éocène ont pu se propager sans entraves dans la Mésogée, et ceux-ci ont disparu, se sont éteints, à la fin de cette dernière période. C'est un type nouveau, les *Lépidocyclines*, qui va les remplacer. Il a pris naissance dans la région chaude comprise entre les deux Amériques, le golfe du Mexique actuel, de là il va se répandre à l'Est vers l'Europe, à travers l'Atlantique, et à l'Ouest vers la

Polynésie et l'Asie, à travers le Pacifique. Ces deux zones d'expansion ne pourront se rejoindre et resteront distinctes; elles comprendront d'un côté le sud de l'Europe et le nord de l'Afrique, de l'autre les îles et les terres de l'extrême Orient.

Les Orbitoïdes dont font partie les Lépidocyclines, sont des Foraminifères très particuliers et d'une organisation supérieure : ce sont les seuls qui présentent un véritable embryon, qui, dans les formes primitives, est formé de *plusieurs cellules*, disposition tout à fait anormale pour un *Protozoaire*. Cet embryon n'existe, bien entendu, que dans les formes mégasphériques A qui proviennent directement du fractionnement de la mère; dans les formes microsphériques B, au contraire, qui résultent de la conjugaison de deux spores, c'est-à-dire d'une véritable fécondation, le développement se fait à l'origine, à partir de l'œuf monocellulaire, suivant le mode spiral habituel chez les Foraminifères; il devient ensuite, et très rapidement, annulaire comme dans les formes A. Je n'insiste pas sur la constitution bien connue des Orbitoïdes : couche équatoriale bien délimitée formée de *logettes* disposées régulièrement comme dans les Orbitolites, couches latérales formées de *chambres* multiples, traversées par des *piliers* et se recouvrant régulièrement de manière à donner à la coquille une forme lenticulaire symétrique.

Dans les Lépidocyclines primitives, en Amérique, l'embryon, résultant d'une division simple par caryocinèse, est formé de *deux cellules* égales (*Isolepidina*); mais on observe déjà une tendance à un retour vers le type normal monocellulaire, les deux cellules deviennent inégales, leur séparation qui était plane, indiquant l'identité du protoplasme dans les deux cellules sœurs, se renfle peu à peu du côté de l'une d'elles; celle-ci devient dominante et prend progressivement la forme sphérique habituelle de l'œuf; la seconde, au contraire, qui doit probablement son infériorité protoplasmique à la perte de ses éléments nobles, c'est-à-dire de son noyau, se développe davantage et tend à envelopper la première. Cette évolution ne va prendre tous ses caractères que vers l'Est au delà de l'Atlantique, et à l'Ouest au delà du Pacifique.

Dans la première région nous voyons les Lépidocyclines arriver en Algérie dès le Stampien : les formes les plus communes sont de petite taille avec un embryon formé essentiellement d'une première loge arrondie, convexe, et d'une seconde en haricot ou réniforme. Mais en même temps les logettes de la couche équatoriale, qui dans les formes américaines étaient régulièrement arrondies en avant, prennent ici une forme ogivale ou losan-

gique; j'ai désigné ce type sous le nom générique de *Nephrolepidina* (type *N. Tournoueri*). Un autre caractère de ce groupe, c'est que les formes microsphériques B sont très différentes des formes A, à tel point qu'on les a toujours considérées comme des espèces distinctes : elles sont plus grandes, plus renflées et ornées de piliers plus développés se terminant à la surface par de véritables pustules (*N. marginata*). Ce groupe va se développer jusque dans le Burdigalien.

A côté, on distingue des formes plus grandes qui prendront un développement considérable en Espagne, en Aquitaine et en Italie; les logettes auront la même forme arrondie, en spatule, que dans les espèces américaines, mais l'embryon est tout différent : la seconde loge entoure complètement la première, qui est nettement arrondie, oviforme. C'est le genre *Eulepidina* (type *E. dilatata*). D'autres caractères vont encore le différencier du genre précédent: les deux formes A et B sont si peu différentes qu'il n'est plus possible de les séparer par les caractères extérieurs et qu'il faut avoir recours à une section; en outre, la coquille est ordinairement de plus grande taille, moins renflée, de sorte que les piliers sont moins développés et restent presque toujours polygonaux; ce n'est que tout à fait exceptionnellement qu'ils deviennent arrondis et pustuliformes. Les plus grands échantillons (*E. elephantina*) atteignent jusqu'à 8^{cm} à 10^{cm} de diamètre.

Dans mes études sur l'extrême Orient, j'avais essayé d'appliquer les mêmes divisions: aucune difficulté pour les *Eulepidina* qui se rencontrent partout avec les mêmes caractères génériques qu'en Europe. Les logettes sont toujours arrondies, en spatule, comme le disait Verbeek dès 1896, et l'embryon est du type embrassant; on distingue de même des formes avec piliers polygonaux, qui ne sont probablement que des races de l'*E. dilatata*. Mais l'espèce la plus répandue est une forme un peu spéciale, à mamelon central très volumineux et caractérisé par des chambres latérales arrondies séparées par des cloisons fortement empâtées (*E. formosa*); là également, les formes A et B sont très peu différentes.

A côté, on trouvait d'autres formes, toujours de petite taille, et dont l'embryon rappelait celui des *Nephrolepidina*, c'est en particulier *L. sumatrensis*, Brady, qui avait été assez souvent mal interprété. J'ai eu l'occasion d'examiner des topotypes, aimablement communiqués par Verbeek, et je reconnaissais qu'ils présentaient une structure rayonnée et que « cette espèce appartenait à un *groupe tout spécial de Lépidocyclines* ».

Une disposition rayonnée analogue a été figurée par Mlle I. Provale dans

une forme de Bornéo, qu'elle a appelée *L. Tournoueri*, var. *angulosa*, et qui constitue une espèce distincte; les logettes équatoriales étaient indiquées comme arquées et hexagonales, et l'embryon était réniforme. Je distinguais moi-même, en 1916, sous le nom d'*Eul. limbata*, une forme voisine de *L. sumatrensis*, présentant une large collerette et des indices d'une structure rayonnée, mais je constatais que les logettes étaient spatuliformes, bien que l'embryon, un peu anormal il est vrai, ne fût pas nettement du type embrassant; en réalité, comme je l'ai reconnu plus tard, il se rapprochait davantage du type réniforme.

Il existait là, en réalité, tout un groupe de petites formes mégasphériques, se rapprochant des *Nephrolepidina* par leur embryon, mais ayant des logettes en *spatule* comme les *Eulepidina;* en outre, ils présentaient souvent des indices plus ou moins marqués d'une structure subrayonnée. C'est un groupe bien distinct que je propose d'appeler *Amphilepidina*. Mais quelles sont les formes mégasphériques correspondantes?

J'avais étudié et décrit une série de grands échantillons des couches de Rembang (Java) sous les noms de *papulifera* (diam. 30^{mm}), *glabra* mut. *major* (diam. 20^{mm}), *glabra* mut. *subradiata*, qui venaient se placer à côté d'une espèce plus petite, *Lep. glabra*, précédemment décrite par Rutten, et qui présentaient une structure rayonnée plus ou moins caractérisée. Toutes ces formes étaient microsphériques et avaient des logettes en spatule comme les *Eulepidina*, mais notablement plus petites. Or, la première de ces espèces était associée avec *Eul. limbata*, et j'ai reconnu un peu plus tard qu'à Maantung (Bornéo) les nombreuses Lépidocyclines dégagées, recueillies par le Dr Buxtorf, devaient être attribuées, les unes à *L. glabra* pour les formes microsphériques B, les autres mégasphériques A à *L. sumatrensis*. L'association de ces formes était incontestable, et le genre nouveau *Amphilepidina* se trouvait ainsi constitué par la réunion des deux séries de formes A et B.

Les formes B microsphériques sont de taille très variable et peuvent atteindre un diamètre de 40^{mm}; la forme « en spatule » de leurs logettes équatoriales les a fait ordinairement réunir aux *Eulepidina;* elles en diffèrent par leur réseau équatorial bien plus fin et présentant souvent une structure plus ou moins rayonnée, les anneaux d'accroissement affectant fréquemment une forme polygonale. En outre, on distingue souvent dès le jeune âge des piliers arrondis pustuliformes qui tantôt persistent, tantôt disparaissent dans l'adulte et cette ornementation rappelle celle des *Nephrolepidina;* aux espèces précédemment citées il faut ajouter *L. Carteri* et

gigantea, K. Martin, *Ngembaki*, Schlumb. (= *Mariæ*, R. Douvillé), *Gallienii*, R. Douvillé et plusieurs espèces nouvelles.

Les formes mégasphériques A sont toujours petites et ne dépassent que rarement 10^{mm}; elles viennent se grouper à côté de *L. sumatrensis* et présentent ordinairement un renflement central très accentué, bordé par une mince et large collerette, mais qui par suite même de sa minceur est très fragile et est souvent brisée. Aux espèces précédemment citées, il faut ajouter *inornata*, Rutten, *umbilicata*, Rutten, *inflata*, Provale, *Ferreroi*, Provale, ainsi que d'autres plus franchement rayonnées, comme *radiata*, Martin, et *Martini*, Schlumberger. Ces espèces se distinguent toutes par leurs logettes spatuliformes et par leur embryon réniforme; toutefois, il ne reproduit pas toujours exactement celui des *Nephrolepidina*, la première loge étant ordinairement plus arrondie et la seconde plus embrassante; en outre, très souvent l'embryon est irrégulier, multiloculaire, et cette déformation, probablement maladive, rappelle celle qui caractérise les *Simplorbites* crétacés.

Les *Amphilepidina* jouent dans l'extrême Orient un rôle qu'on pourrait appeler prédominant; ils comprennent une dizaine de formes microsphériques B et autant de mégasphériques A; ils conservent les mêmes caractères jusqu'à l'extrémité de leur habitat, à Madagascar. On peut les considérer comme remplaçant les *Nephrolepidina* de la région algéro-européenne. Ce dernier genre ne manque pas cependant tout à fait dans l'extrême Orient, Verbeck a depuis longtemps donné une excellente figure d'une espèce microsphérique à logettes en losange et à enroulement spiral dans le premier âge, c'est cette forme qui a été nommée *Lepidocyclina Verbecki*, elle est associée à des individus analogues mégasphériques à embryon nettement réniforme. Le genre *Nephrolepidina* est ainsi parfaitement représenté, mais jusqu'à présent il n'est connu d'une manière certaine qu'à Sumatra et en Birmanie. Il est possible cependant qu'il ait été souvent confondu parmi les *Amphilepidina*. Son embryon est un peu plus archaïque que celui de ce dernier genre; faut-il le considérer comme représentant une branche parallèle ou simplement comme une forme plus ou moins évoluée?

En résumé, on voit que l'évolution vers l'Ouest des Lépidocyclines diffère assez notablement des caractères qu'elle présente dans la direction opposée; les derniers gisements de l'extrême Orient, à Madagascar et sur la côte de l'Afrique orientale, ont la faune habituelle de la région avec *Eul. formosa* et des *Amphilepidina*; ces formes viennent d'être retrouvées à l'extrémité Nord près du lac de Van par l'ingénieur des Mines Grandjean.

La région opposée s'arrête à Malte et à l'Albanie avec *Eul. elephantina*, *Eul. dilatata* et *Nephrolepidina Tournoueri*, aucune espèce n'est commune aux deux régions et les types sont différents.

ENTOMOLOGIE. — *Nouvelles recherches sur l'apparition des individus reproducteurs dans la fourmi fauve et la fourmi des prés.* Note de **M. E.-L. Bouvier.**

L'année dernière nous avons, M. Roger Roidor et moi, publié [1] les recherches que nous avions faites dans le Haut-Jura, au mois de juin, sur l'apparition des individus reproducteurs dans la *Formica rufa* L. et la *F. pratensis* de Geer. J'ai poursuivi ces recherches au cours de la présente année, mais en les commençant un peu plus tard, de manière à les faire chevaucher sur la fin des précédentes et à dépasser celles-ci très notablement; elles ont commencé le 22 juin et fini le 14 juillet. Je tenais à les faire porter sur les colonies mêmes dont nous avions déjà entrepris l'étude et j'y suis parvenu dans une large mesure; toutefois, l'un des huit dômes de *F. rufa*, que nous avions suivis à la lisière de la forêt, avait été détruit, de même qu'un de nos deux dômes de *F. pratensis*, ce dernier toutefois ne fut pas perdu pour mes observations, car je trouvai à quelques mètres de là un dôme tout semblable qui, sans doute, provenait des individus de la fourmilière détruite, et donna, comme cette fourmilière, exclusivement des femelles. En revanche, mes observations se sont étendues à des dômes nouveaux, huit de *rufa* échelonnés dans la forêt sur le bord d'une grande voie et deux de *pratensis*. En tout, par conséquent, quatorze nids de *rufa* et quatre de *pratensis;* sans compter quelques nids de la première espèce que j'examinai une fois ou deux en passant au cours de promenades plus lointaines. Les résultats auxquels je suis arrivé confirment ceux de l'année dernière et les étendent quelque peu. Je les résume comme il suit :

1° *Au début tout au moins, les dômes étudiés l'année dernière ont produit cette année des reproducteurs du même sexe :* des sept nids de *rufa* situés à la lisière de la forêt, un seul a donné des femelles et c'était le même que l'an dernier, les six autres ont produit des mâles; l'un des nids de *pratensis*, celui des Côtes a donné des mâles; l'autre, celui de la Corne a produit comme l'année dernière des femelles. Dans tous ces nids, l'un des sexes était exclusif de l'autre, au moins durant la première partie de la période.

---

(1) *Comptes rendus*, t. 173, 1921, p. 558.

2° *Dans l'une et l'autre espèce, certains nids à mâles ont fini par donner également des femelles :* à l'exception de deux, les sept nids de *rufa* situés à la lisière de la forêt étaient des nids à mâles. L'an dernier, ils avaient produit exclusivement des individus de ce sexe, ils se comportèrent de même cette année, mais seulement durant le mois de juin et les premiers jours de juillet; à partir du 4 de ce dernier mois, deux d'entre eux se mirent à donner des femelles en même temps que des mâles. Dans l'un de ces nids les mâles se trouvèrent toujours en nombre très prédominant, mais dans le second, il n'en fut pas de même : le 4 juillet, je vis sur cette fourmilière de nombreuses femelles et quelques mâles seulement; plus tard, il y eut des variations considérables, même au cours d'une seule matinée; le 8 et le 10, à 10^h, par exemple, les mâles étaient bien plus nombreux que les femelles; tandis qu'à 11^h, les femelles prédominaient (le 8) ou se trouvaient à peu près en même quantité que les mâles (le 10). Des huit nids situés sur les bords du chemin de la forêt, cinq étaient des nids à mâles; trois d'entre eux ne donnèrent jamais que des reproductions de ce sexe, mais les deux autres, à partir du 4 juillet, donnèrent également des femelles, toujours d'ailleurs en très petit nombre durant les heures où je les observai.

Quoique beaucoup plus restreintes, mes recherches sur la *F. pratensis* ont conduit au même résultat. Le seul nid à mâles de cette espèce était celui des Côtes. Comme l'année dernière, il n'avait produit que des individus de ce sexe; il en fut de même cette année jusqu'au 13 juillet, jour où je trouvai sur ce nid, en quantité à peu près égale, quelques femelles et quelques mâles. C'était, malheureusement, bien peu avant mon départ.

Ainsi, dans les deux espèces, on voit les femelles se mêler aux mâles à la fin d'une période qui fut d'abord, et longtemps, caractérisée par la production exclusive de ces derniers. Cela se produit-il dans toutes les fourmilières à mâles? C'est possible et même probable; toutefois, je ne saurais l'affirmer, car certaines seulement ont donné des femelles au cours de mes observations.

Une lacune bien plus grave est relative aux dômes à femelles. J'ai suivi quatre de ces derniers, deux pour la *F. rufa* et deux pour la *pratensis;* cette année comme l'année dernière, je n'ai jamais vu sur ces nids autre chose que des femelles. Est-ce plus tôt ou plus tard qu'y apparaissent les mâles? Je ne saurais le dire.

3° Il y a *des nids où les reproducteurs des deux sexes sont réunis à l'époque où les autres sont unisexués :* ces nids, à vrai dire, sont peu nombreux, mais

il s'en trouve dans l'une et l'autre espèce; j'en rencontrai un de *pratensis* et quatre de *rufa*; parmi ces derniers deux appartenaient à la série du chemin forestier et deux autres se trouvaient en des endroits différents où je ne pus les suivre à cause de la distance, ceux-ci furent découverts le 28 juin, ils présentaient de nombreux mâles et seulement quelques femelles. Les deux nids mixtes du chemin ne présentèrent pas un intérêt égal : le premier se montra fort actif le jour où je le découvris tout au début de juillet; j'y vis de nombreux mâles et cà et là quelques femelles; dans la suite je n'y aperçus rien, sauf parfois deux ou trois mâles. Le second fut plus intéressant; découvert le même jour que le précédent, c'est-à-dire le 1er juillet, il présentait une grande quantité de femelles ailées et un bon nombre de mâles, il en fut de même dans la suite, puis les individus reproducteurs y devinrent très rares et souvent avec des femelles aptères. Je reviendrai plus loin sur ce fait. Quant au nid mixte de *pratensis* il donna d'abord (24 juin) de très nombreux mâles accompagnés de quelques femelles; je ne pus le suivre comme il aurait fallu, toutefois je constatai le 3 juillet qu'il présentait en nombre à peu près égal des mâles et des femelles; les premiers se trouvaient principalement sur un mur contigu d'où ils prenaient leur vol, les secondes, pour la plupart, couraient sur le nid, mais il y en avait quelques-unes sur le mur, toutes étaient ailées.

4° Je dois revenir maintenant *sur les femelles dépourvues d'ailes* observées sur certains nids de *F. rufa*. J'aperçus la première le 5 juillet sur le nid mixte, très actif, situé au bord du chemin de la forêt; les femelles étaient nombreuses sur ce nid, la plupart ailées, quelques-unes sans ailes. Ces dernières circulaient librement à la surface du dôme, on les voyait entrer dans les galeries, en ressortir, sans jamais être inquiétées par les ouvrières. Les femelles ailées se comportaient de même; certaines, toutefois, étaient appréhendées par les ouvrières qui semblaient prendre à tâche de leur arracher les ailes. Je suivis pendant vingt minutes le manège d'un groupe d'ouvrières qui tiraillaient une de ces femelles et lui mordaient les ailes de tous côtés, même à l'articulation, sans d'ailleurs parvenir à rien. On sait que les femelles ailées des fourmis, après la fécondation, se débarrassent elles-mêmes très facilement de leurs ailes. Il est possible que les femelles aptères trouvées sur le dôme soient des femelles fécondées d'un autre nid adoptées par la fourmilière, mais je pense que certaines sont des femelles même du nid, privées de leurs ailes par les ouvrières. Ce qui me porte à le croire, c'est que le même jour, dans un nid voisin, riche en mâles, je vis une femelle en butte aux obsessions des ouvrières qui cherchaient à lui arracher

les ailes, et qui sans doute devaient arriver à leur but, car cette femelle n'avait plus qu'une aile. Le même nid m'offrit un spectacle semblable trois jours plus tard; l'aile unique de la femelle était mordillée en tout sens, mais la femelle ne semblait subir aucun mauvais traitement et, d'ailleurs, ne cherchait pas à se dégager. Si, comme je le crois, les *rufa* conservent au nid certaines de leurs femelles par ce procédé, ces femelles n'ont pas encore subi la fécondation, car leurs ailes sont encore extraordinairement tenaces; elles devront dès lors s'accoupler plus tard sur le nid même ou dans son voisinage. Quant à l'adoption de femelles fécondées venant d'un autre nid, et qui se sont dépouillées de leurs ailes, elle est très possible, d'ailleurs signalée par les myrmécologistes, mais ne se fait pas sans difficultés, ni sans périls; le 10, sur le nid mixte dont il est question plus haut, je vis une femelle dépourvue d'ailes attaquée par un groupe d'ouvrières qui la mordillaient de toutes parts et cherchaient surtout à lui sectionner le pédicule; grâce à la résistance de ses téguments, la bête ne semblait pas être blessée, mais les ouvrières voulaient à coup sûr lui faire du mal; c'était probablement une femelle intruse qui subissait les dures épreuves de l'adoption.

Tels sont les faits que j'ai cru devoir rapporter. Ils confirment ceux de l'année précédente et les considérations que nous en avions tirées, mon collaborateur et moi; ils les étendent au surplus, car l'on sait maintenant que des femelles finissent par apparaître dans les nids où ne se trouvaient d'abord que des mâles. Ce que l'on ignore c'est l'époque où apparaissent ces derniers dans les nids à femelles; pour éclaircir ce point obscur il faudra étudier les nids plus tôt et peut-être aussi plus tard, en mai-juin et en juillet-août. C'est une tâche que je signale pour l'avenir.

MORPHOLOGIE VÉGÉTALE. — *Le pétalostème.* Note de M. Paul Vuillemin.

Le pétale, qui élève au rang de fleur la gonelle des Angiospermes, ne joue pas dans la reproduction le rôle capital du carpelle ou de l'étamine; son rôle protecteur est moins efficace que celui du sépale. On dirait un objet de luxe surajouté aux instruments de première nécessité.

On l'a d'abord rangé parmi les enveloppes florales, en le distinguant du sépale par sa position interne et sa texture délicate. Mais la texture ne répond pas toujours à la position; les deux rangs peuvent être herbacés ou sépaloïdes (Jonc), délicats ou pétaloïdes (Lis). La vraie différence repose

sur la valeur morphologique. Le sépale est un phyllome comme les bractées et les feuilles; le pétale est un frondome.

Le pétale est homologue de l'étamine débarrassée des thalles sexués qui lui confèrent la qualité de membre mâle. L'étroite connexion des étamines avec les pétales superposés fut signalée d'abord par Aug. de Saint-Hilaire chez les Éricinées où ces pièces forment ensemble un seul verticille, tandis que les étamines épisépales insérées plus haut alternent avec les premières et les carpelles. Le lien génétique des étamines et des pétales est pris sur le fait par Duchartre (1844) pour les Primulacées, par Thury (1872) pour les étamines internes de l'*Hemerocallis fulva*. Un clivage précoce partage le rudiment commun en lame externe (pétale) et lame interne (étamine). Je nomme PÉTALOSTÈME PE le membre dont le pétale et l'étamine sont des parties.

L'étamine est homologue d'une fronde sporangifère de Cryptogame. Comme corollaire le pétalostème est un frondome, ainsi que le pétale homologue de l'étamine. C'est ce qui caractérise le pétale à l'égard du sépale, indépendamment de la texture.

L'organisation sécrétrice sur laquelle est fondée la notion physiologique de nectaire affecte des membres quelconques, entre autres des frondomes homologues du pétale et de l'étamine. Chez les Helléborées, les pétales, les nectaires, les étamines, passent graduellement de l'un à l'autre et sont interchangeables. Ces frondomes arrivent à évincer les sépales et réciproquement; mais la métamorphose de frondomes en phyllomes ou l'inverse est illusoire.

La première ébauche du pétale apparaît chez les Haplogones (Amphigones et Acrogones) sous forme de dilatation du filet ou du connectif, de crête prolongeant ce dernier, d'expansions latérales stipuliformes ou dorsales squamiformes. Le PROPÉTALOSTÈME ainsi constitué est connu chez les Naïadacées (*Ruppia*, *Potamogeton*). Son passage au pétalostème apparaît dans l'ordre des Illécébrinées.

Les pétales indépendants des étamines et alternant avec le cycle consécutif de l'androcée dérivent des pétalostèmes par suppression du clivage. On trouve des vestiges de cette partition dans des membres dont la lame interne, au lieu de s'organiser en étamine, forme une languette pétalaire ou une glande; ce sont des pétales bilaminés P*p*, ou des adénopétales P*ad*. Les adénosthèmes *ad*E sont un autre équivalent du pétalostème.

Dans les fleurs munies de plusieurs cycles de frondomes en dehors du

pistil, les cycles internes, habituellement staminaux, évoluent, à leur tour, en propétalostèmes, en pétalostèmes ou, par des partitions répétées, forment des pétales superposés ou des phalanges méristémones.

Une série d'Illécébrinées, dont l'ovule est campylotrope, débute par des Acrogones (Chénopodiacées) et aboutit à des Anthogones (Portulacacées, Caryophyllées); les Aizoacées occupent un rang intermédiaire. Si la plupart des Chénopodiacées n'offrent aucun rudiment de pétale, quelques genres ont des propétalostèmes variés, dont la portion pétalaire forme soit des expansions stipuliformes (*Anabasea*), soit une palmure unissant la base des filets (*Celosia*), se relevant de part et d'autre des anthères (*Gomphrena*) ou au milieu de l'espace qui les sépare (*Alternanthera*, *Achyranthes*). Chez quelques *Tetragonia*, chaque lobe porte une anthère; chez d'autres Aizoacées, la multipartition des rudiments fournit un nombre indéterminé de lames pétalaires en dehors, d'étamines en dedans.

La famille des Portulacacées fait saisir à la fois la progression du nombre des cycles et la séparation entre la corolle et l'androcée. La formule brute de la fleur semble être S, PE, C comme celle des Plombaginées qui sont des Illécébrinées à ovule anatrope; mais au lieu d'être pentamère, la fleur compte 5 pétalostèmes entre 2 sépales et 3 carpelles. Cette hétéromérie déconcertante s'atténue si l'on considère que les pétalostèmes apparaissent en deux temps, même dans la tribu des Basellées que l'on avait rattachée aux Chénopodiacées en prenant pour des sépales les pétales herbacés. Les deux premiers pétales sont peu déviés de la position transversale alterne avec les sépales médians; les trois derniers sont presque alternes avec les carpelles. Ce décalage est analogue à celui des étamines de *Polygonum*. Dans le genre *Montia* les deux premiers pétalostèmes entiers se développent en pétales; la formule passe de

2S, 2PE, 3PE, 3C à 2S, 2P, 3PE, 3C.

Chez les Caryophyllées, les frondomes séparant le calice du pistil forment le plus souvent deux verticilles et les carpelles, en cas d'isomérie, alternent avec les sépales. Les frondomes externes sont des pétalostèmes; les internes sont souvent des adénostèmes. Les pétalostèmes sont parfois réduits, soit au pétale, soit à l'étamine, ou avortés. Le type tétracyclique habituel passe, probablement par avortement, au type tricyclique dans le genre *Colobanthus*. Le type pentacyclique résulte de l'addition d'un verticille staminal interne; alors les carpelles sont épisépales. Le nombre d'éta-

mines n'augmente pas, parce qu'elles manquent au verticille externe formé de pétales bilaminés (*Lychnis*, *Viscaria*) ou entiers (*Cerastium*). Il est même abaissé chez le *C. semidecandrum* par l'avortement du dernier verticille.

Les pétalostèmes ou leurs équivalents caractérisent bien d'autres familles de Dicotylédones et de Monocotylédones, avec la formule S, PE, C : Rhamnées. Ampélidées, Restiacées; avec la formule S, PE, E, C : Obdiplostémones; S, P*p*, E, C : Hydrophyllées; S, P*ad*, E, C : Parnassiées, *Swerzia*, Turnérées; S, P*p*, E, E, C : Frankéniacées.

Chez les Gamopétales répondant approximativement à la formule S, P, E, C, les étamines révèlent çà et là les propriétés des pétalostèmes. Les *Asclepias*, les *Borago* ont normalement des propétalostèmes. Heinricher décrit un *Symphytum* dont les étamines étaient doublées d'une paire d'écailles refoulées en dehors de la corolle. Parmi les Convolvulacées, la formule S, P, PE, C convient aux *Cuscuta* et aux *Operculina*. Westhoff a vu chez le *Nicotiana Tabacum* chaque étamine incluse dans un pétale enroulé; c'était un pétalostème tenant la place de l'androcée en l'absence de corolle. Les lobes interpétalaires que j'ai signalés chez les *Petunia* forment des pétalostèmes avec les étamines. Il en est de même chez les *Forsythia;* mais la question se complique du fait que, chez les Oléacées, la place de la corolle est vide, les pièces pétalaires normales appartiennent au même verticille que les étamines; elles font partie de la lame dorsale des pétalostèmes; l'apparition d'une languette superposée à l'étamine montre que cette lame est typiquement trilobée.

Quand les Monocotylédones s'élèvent au rang des Authogones, elles ont soit un calice et un cercle de pétalostèmes, soit deux rangs de pétalostèmes sans calice, plus rarement des cycles indépendants de pétales et d'étamines.

La conception du pétalostème, dégagée d'une foule d'observations, permet de résoudre bien des difficultés de la morphologie florale et de la systématique.

M. **M. d'Ocagne** fait hommage à l'Académie d'un Ouvrage de M. M. Kraïtchik, intitulé : *Théorie des nombres*, dont il a écrit la *Préface*.

M. **L. Cuénot**, par l'organe de M. L. Bouvier, fait hommage du fascicule 4 de la *Faune de France : Sipunculiens, Echiuriens, Priapuliens.*

CORRESPONDANCE.

M. **Driencourt** prie l'Académie de bien vouloir le compter au nombre des candidats à la place vacante, dans la Section de géographie et navigation, par le décès de M. *L. Favé*.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur les progressions d'ordre supérieur.* Note de M. G. **Bratu**, présentée par M. Appell.

1. Étant donnée une suite de nombres

$$u_0, \quad u_1, \quad u_2, \quad \ldots, \quad u_n, \quad \ldots, \tag{1}$$

nous les considérerons comme étant *des ordonnées équidistantes* des points d'une même courbe plane C. Ainsi, si x_0 et h désignent des nombres arbitrairement choisis, on peut joindre par une courbe C tous les points P_n de coordonnées $x = x_0 + nh$, $y = u_n$.

Réciproquement, étant donnée une courbe plane C, on peut définir une suite (1) par des ordonnées équidistantes de cette courbe.

En nous servant de cette représentation géométrique, introduite par M. D. Pompeiu pour l'étude des courbes par les suites récurrentes, nous allons faire quelques remarques sur les progressions d'ordre supérieur.

2. Désignons par $\Delta_p u_n$ ($n = 0, 1, 2, \ldots$) les différences d'ordre p de la suite (1).

Si $\Delta_{p+1} u_n = 0$ quel que soit n, la suite est *une progression par différences* d'ordre p et l'on peut déterminer un polynome $P(x)$ de degré p, qui prenne les valeurs $u_0, u_1, u_2, \ldots, u_p$ pour $x = x_0, x_0 + h, \ldots, x_0 + ph$ respectivement.

La courbe $y = P(x)$ *passe par tous les points* $P_n(x_0 + nh, u_n)$ *correspondant à la suite* (1).

En effet, les coefficients du polynome

$$P(x) = A_0 x^p + A_1 x^{p-1} + \ldots + A_p$$

satisfont simultanément au système

$$u_n = P(x_n), \qquad u_{n+1} = P(x_{n+1}), \qquad \ldots, \qquad u_{n+p+1} = P(x_{n+p+1}),$$

avec $x_k = x_0 + kh$, car l'éliminant se réduit, à un facteur près, à l'expression de $\Delta_{p+1} u_n$ nulle par hypothèse. Par suite, si la courbe passe par P_0, $P_1, \ldots, P_p$, elle passera aussi par P_{p+1} et, en général, par P_n.

Ainsi les nombres u_n sont les valeurs d'un même polynome $P(x)$ pour

$$x = x_0 + nh \qquad (n = 0, 1, 2, \ldots)$$

ou les ordonnées équidistantes d'une même courbe $C[y = P(x)]$. Nous dirons que la suite (1) est une *progression polynomiale* d'ordre p.

Inversement, toute courbe polynomiale $y = P(x)$ de degré p définit, par ses ordonnées équidistantes (à h arbitraire), une suite polynomiale d'ordre p.

Lorsque h varie, les termes de la suite changent. Mais *toutes ces suites*, correspondant à une même courbe C, *satisfont à une même relation de récurrence*

$$u_{n+p+1} - (p+1) u_{n+p} + \frac{(p+1)p}{1.2} u_{n+p-1} - \ldots + (-1)^{p+1} u_n = 0 \tag{2}$$

ou, symboliquement, à l'échelle de récurrence

$$(u-1)^{p+1} \simeq 0. \tag{3}$$

3. Pour $p = 1$ la courbe $y = P(x)$ est une droite et la suite (1) est une *progression arithmétique* ou *rectiligne*. La relation de récurrence correspondante

$$u_{n+2} - 2u_{n+1} + u_n = 0$$

permet de calculer tous les termes u_n, lorsqu'on connaît u_0, u_1 et n. On trouve

$$u_n = n u_1 - (n-1) u_0$$

et l'on en déduit toutes les formules élémentaires relatives aux progressions par différences.

La suite est aussi déterminée par deux termes quelconques u_p, u_q et leurs rangs. En effet, soient P_p, P_q deux points d'ordonnées u_p, u_q et d'abscisses arbitraires x_p, x_q. Soit D la droite P_pP_q. En prenant

$$h = \frac{x_q - x_p}{q - p}, \qquad x_0 = x_p - ph,$$

la suite (1) est formée par les ordonnées des points $P_n(x_0 + nh, u_n)$ de la droite D.

On trouve, pour le terme général,

$$u_n = \frac{n-q}{p-q} u_p + \frac{n-p}{q-p} u_q.$$

On en déduit un moyen simple pour inscrire μ moyens arithmétiques entre deux nombres donnés.

4. Pour $p=2$, la courbe $y=P(x)$ est une parabole et la suite (1) peut être appelée une *progression parabolique*.

La relation de récurrence correspondante

$$(4) \qquad u_{n+3}-3u_{n+2}+3u_{n+1}-u_n=0$$

permet de calculer tous les termes u_n à l'aide de u_0, u_1, u_2 et n.

M. D. Pompeiu en a déduit un moyen simple pour construire les points d'une parabole avec un *trapèze parabolique*.

Pour le terme général de la suite, on trouve la formule

$$(5) \qquad 2u_n=n(n-1)u_2-2n(n-2)u_1+(n-1)(n-2)u_0,$$

que l'on obtient en posant $u=P(x)=Ax^2+Bx+C$ et en éliminant A, B, C entre les équations

$$u_0=P(x_0), \qquad u_1=P(x_0+h), \qquad u_2=P(x_0+2h), \qquad u_n=P(x_0+nh).$$

On en déduit aussi une formule pour la somme S_n des n premiers termes de la suite parabolique.

Plus généralement, la suite peut être déterminée par trois termes quelconques u_p, u_q, u_r et leurs rangs. En effet, la formule (5) appliquée pour $n=p$, q, r donne trois équations linéaires, qui permettent de calculer u_0, u_1, u_2 et la formule (5) donne ensuite u_n à l'aide de u_p, u_q, u_r.

Le déterminant du système est

$$\Delta=-\frac{1}{2}(p-q)(q-r)(r-p)\neq 0$$

et l'on trouve, quel que soit n,

$$(6) \qquad u_n=\frac{(n-q)(n-r)}{(p-q)(p-r)}u_p+\frac{(n-r)(n-p)}{(q-r)(q-p)}u_q+\frac{(n-p)(n-q)}{(r-p)(r-q)}u_r;$$

c'est la formule d'interpolation de Lagrange.

Le problème d'interpoler des moyens paraboliques entre deux nombres donnés est indéterminé. Mais si l'on se donne trois nombres a, b, c et si l'on veut interpoler μ moyens paraboliques entre a et b et ν entre b et c, le problème est déterminé et résolu par la formule (6), où l'on doit faire

$$u_p=a, \qquad u_q=b, \qquad u_r=c, \qquad p=0, \qquad q=\mu+1, \qquad r=\mu+\nu+2.$$

5. Tous ces résultats se généralisent facilement pour une progression polynomiale d'ordre p.

NOMOGRAPHIE. — *Sur un procédé nouveau de multiplication des échelles fonctionnelles.* Note de M. **Halvor Hansson**, présentée par M. d'Ocagne.

Étant donnés les axes rectangulaires Ox et Oy, portons sur Oy, à partir de l'origine O, l'échelle de la fonction $f_1(z_1)$, avec le module μ_1, puis sur des axes O_2R_2, O_3R_3, ..., O_nR_n, dont les origines sont mobiles le long de Ox, et qui peuvent tourner librement autour de ces origines, les échelles des fonctions $f_2(z_2)$, $f_3(z_3)$, ..., $f_n(z_n)$, respectivement avec les modules μ_2, μ_3, ..., μ_n. Supposons, en outre, que ces axes mobiles soient munis de repères R_2, R_3, ..., R_n, dont les distances aux origines correspondantes sont l_2, l_3, ..., l_n. Si le repère R_2 est mis en coïncidence avec le point z_1 de Oy, R_3 avec z_2 de O_2R_2, ..., R_n avec z_{n-1} de $O_{n-1}R_{n-1}$, on voit bien aisément que l'ordonnée y_n du point z_n de O_nR_n est donnée par

$$y_n = \frac{\mu_1\mu_2\mu_3\ldots\mu_n}{l_2 l_3\ldots l_n} f_1 f_2 \ldots f_n, \tag{1}$$

ou, si l'on pose

$$\mu = \frac{\mu_1\mu_2\mu_3\ldots\mu_n}{l_2 l_3\ldots l_n}, \tag{2}$$

que *l'ordonnée du point z_n représente, avec le module μ, le produit de fonctions $f_1 f_2 \ldots f_n$.*

Dès lors, si l'on considère un faisceau de parallèles à Ox, menées par les points d'une échelle $y = \mu f(z)$, portée sur une parallèle quelconque à Oy, on voit que, si le point z_n tombe sur la droite de ce faisceau cotée z, on se trouve avoir ainsi une représentation de l'équation

$$f = f_1 f_2 \ldots f_n. \tag{3}$$

On peut introduire dans ce mode de représentation une variante consistant à rendre l'échelle (z_2) simplement pivotante autour de son origine O_2 devenu fixe, en substituant, pour z_1, à l'échelle rectiligne portée sur Oy, une échelle circulaire de centre O_2. Il est clair, en effet, que l'angle ω_2 que O_2R_2 fait avec Ox est donné par

$$\sin\omega_2 = \frac{\mu_1 f_1}{l_2},$$

ou, si l'on prend $\mu_1 = l_2$,

$$\sin\omega_2 = f_1.$$

Il suffira, dès lors, pour fixer la direction de O_2R_2, de graduer un cercle de centre O_2 suivant la loi

(4) $$\omega_2 = \arc \sin f_1.$$

Dans le cas, par conséquent, où parmi les fonctions entrant dans le produit se trouve un sinus, il n'y a qu'à prendre ce sinus comme fonction $f_1 = \sin z_1$ pour avoir

$$\omega_2 = z_1,$$

autrement dit, pour que l'échelle (z_1) se confonde avec la graduation régulière du cercle de centre O.

Si dans ce cas le nombre des fonctions du produit se réduit à deux, le dispositif ne comprend pour la représentation de l'équation

(5) $$f = f_1 f_2,$$

en dehors du faisceau des parallèles (z) à Ox, que le cercle de centre O_2 gradué suivant la loi (4) et la règle pivotante O_2R_2 portant l'échelle de f_2.

Cette méthode de représentation est surtout avantageuse lorsqu'on peut matérialiser les diverses échelles mobiles sous forme de règles disposées de façon à réaliser les déplacements, d'une part, des origines O_i le long de Ox, d'autre part, des repères R_i le long des axes $O_{i-1}R_{i-1}$.

Nous avons déjà eu l'occasion de faire construire plusieurs appareils, à règles mobiles, fondés sur ce principe, dont nous comptons donner ailleurs une description détaillée.

Nous citerons :

1° *Un appareil de calcul pour le tir d'artillerie sur un but invisible, dirigé d'un poste d'observation*, dans lequel la variante à échelle pivotante est appliquée à une équation de la forme

$$\operatorname{tang} z = \sin z_1 z_2 \frac{1}{z_3};$$

2° *Un appareil pour la réduction au centre des directions dans les stations géodésiques excentrées*, dans lequel la même variante est appliquée à une équation de la forme

$$\sin z = \sin z_1 z_2 \frac{1}{z_3}.$$

Au sujet de la Note qui précède, M. d'Ocagne présente les observations suivantes :

L'ingénieux mode de représentation imaginé par Hansson, pour les équations de la forme (3) ci-dessus, donne lieu à un rapprochement

digne de remarque avec celui qui se trouve réalisé, pour les équations de la forme

$$f = f_1 + f_2 + \ldots + f_n$$

(auxquelles, si l'on veut, se ramènent les précédentes par anamorphose logarithmique), dans la règle à calcul généralisée [1].

Dans l'un et l'autre cas, les échelles fixes (z) et (z_1) sont portées sur des axes parallèles ou confondus.

Dans la règle à calcul, les échelles mobiles (z_2), (z_3), ..., (z_n), glissant parallèlement aux échelles fixes, ne sont douées que d'*un seul degré de liberté;* les repères de ces échelles, constitués par leurs origines O_2, O_3, ..., O_n (ou par des perpendiculaires à leur direction menées par ces origines), sont amenés respectivement sur les points cotés z_1, z_2, ..., z_{n-1}; les points cotés au moyen des valeurs correspondantes de z et z_n se trouvent alors sur une même perpendiculaire à la direction des échelles (au besoin réalisée par un index tracé sur un curseur glissant suivant cette direction).

Dans le procédé Hansson, les échelles mobiles (z_2), (z_3), ..., (z_n), dont un premier repère, leur origine O_i, glisse sur la perpendiculaire Ox à la direction de l'échelle fixe (z_1), et dont un second repère R_i reste sur le support $O_{i-1}R_{i-1}$ de l'échelle précédente, sont douées de *deux degrés de liberté;* les repères R_2, R_3, ..., R_n sont amenés respectivement sur les points cotés z_1, z_2, ..., z_{n-1}; les points cotés au moyen des valeurs correspondantes de z et z_n se trouvent alors sur une même perpendiculaire à la direction des échelles (z) et (z_1) (dont les positions successives pourraient, elles aussi, être réalisées au moyen de l'index d'un curseur glissant suivant la direction de ces échelles).

A ce point de vue donc, les nomogrammes du type Hansson peuvent venir se ranger à la suite des règles à calcul dont ils se distinguent essentiellement par le fait que les échelles mobiles y jouissent de deux (au lieu d'un seul) degrés de liberté.

L'analogie entre les deux types de nomogramme devient peut-être plus frappante lorsque, se plaçant au point de vue de la théorie morphologique générale, on compare leurs notations symboliques (la règle à calcul étant d'ailleurs réduite ici à son type théorique pour lequel les supports de toutes les échelles se superposent sur une même droite).

Dès lors, les points R_2, R_3, ..., R_n étant, dans le cas de la règle à calcul,

---

[1] *Traité de Nomographie*, 1re édition, p. 360; 2e édition, p. 398.

des points quelconques marqués respectivement sur O_2x_2, O_3x_3, ..., O_nx_n, et l'élément z, qui se réduit à un point de Oz dans le cas de la règle à calcul, étant, dans celui du nomogramme Hansson, une des parallèles à Ox définies par l'échelle (z), on a, pour ces notations symboliques :

Règle à calcul.		*Nomogramme Hansson.*	
$Ox \vdash\!\dashv R_2$	$z_1 \mathrel{\substack{\vdash\!\dashv\\ \vdash\!\dashv}} O_2$	$Ox \vdash\!\dashv O_2$	$z_1 \mathrel{\substack{\vdash\!\dashv\\ \vdash\!\dashv}} R_2$
$Ox \vdash\!\dashv R_3$	$z_2 \mathrel{\substack{\vdash\!\dashv\\ \vdash\!\dashv}} O_3$	$Ox \vdash\!\dashv O_3$	$z_2 \mathrel{\substack{\vdash\!\dashv\\ \vdash\!\dashv}} R_3$
....	....	....	....
$Ox \vdash\!\dashv R_n$	$z_{n-1} \mathrel{\substack{\vdash\!\dashv\\ \vdash\!\dashv}} O_n$	$Ox \vdash\!\dashv O_n$	$z_{n-1} \mathrel{\substack{\vdash\!\dashv\\ \vdash\!\dashv}} R_n$
$\underbrace{\qquad\qquad}_{z_n \vdash\!\dashv z}$		$\underbrace{\qquad\qquad}_{z_n \vdash\!\dashv z}$	

On peut évidemment, d'une façon un peu plus générale, accoler à Ox deux dispositifs de multiplication d'échelles, au lieu d'un, ce qui fournit la représentation de toute équation de la forme

$$f_1 f_2 \ldots f_n = f_{1'} f_{2'} \ldots f_{p'}.$$

On peut aussi, comme dans le cas de la règle à calcul, substituer aux échelles simples, portées sur les divers axes, des échelles binaires accolées à ces axes.

Remarquons enfin que la variante à échelle pivotante pour le cas de trois variables, c'est-à-dire s'appliquant à une équation de la forme (5) ci-dessus, rentre, à titre de cas particulier, dans la catégorie des nomogrammes polaires de Pesci ([1]).

AÉRONAUTIQUE. — *Sur les lois de variation des caractéristiques de l'air standard avec l'altitude.* Note de M. **Rodolphe Soreau**, présentée par M. Ch. Lallemand.

Pour établir ces lois, il convient d'analyser un nombre suffisant d'observations par ballons-sondes, les altitudes z étant déterminées par théodolites.

Imaginons qu'on ait porté z en ordonnées, et, en abscisses, le paramètre observé (pression p, température t, tension f de la vapeur d'eau). Les points figuratifs dessineraient une *voie lactée* assez large, car chaque paramètre ne dépend pas de z seul : pour une altitude donnée, il a des varia-

---

([1]) *Traité de Nomographie*, 1re édition, p. 119; 2e édition, p. 115.

tions étendues, notamment suivant l'heure et la saison. Supposant tracée la courbe qui passe à travers la région la plus dense de chacune de ces voies lactées, on devrait définir l'*air standard* par les trois courbes (p_m), (t_m), (f_m) obtenues avec des groupes d'observations (p, t, f) simultanées, dans un champ déterminé quant à l'étendue et à la saison. Il y a donc autant d'airs standards que l'on considère de champs.

Les deux courbes qui intéressent le plus la technique aéronautique sont (p_m) et (a_m), cette dernière relative au poids spécifique a de l'air, qu'on ne saurait songer à mesurer directement. Pour tracer ces courbes, deux méthodes bien différentes ont été employées.

I. On peut les déduire, à l'aide de relations théoriques, des courbes (t_m), (f_m), et même de la seule courbe (t_m), en modifiant légèrement les températures observées afin de tenir compte de l'état hygrométrique.

Telle est la méthode suivie à Lindenberg, où le D[r] Reger a commencé par dresser une table (t_m) en dépouillant les feuilles d'observations de 215 sondages effectués, de 1906 à 1916, par cet Observatoire. Il en a déduit deux autres tables (p_m) et (a_m) à l'aide des formules

$$(1) \qquad z - z_0 = \frac{R(T - T_0)}{2g} \operatorname{Log} \frac{p_0}{p},$$

$$(2) \qquad a = \frac{p}{RT},$$

où T est la température absolue et R un nombre ([1]).

Cette manière d'opérer donne lieu aux remarques suivantes : 1° Les trois tables résultent d'observations faites exclusivement avec le thermomètre, instrument inférieur au baromètre du fait qu'il ne se met pas instantanément à la température ambiante; 2° les formules théoriques (1) et (2) ne tiennent pas compte de l'état hygrométrique et météorologique, de la variation des teneurs en gaz autres que l'oxygène et l'azote, etc. ; il conviendrait donc de savoir quel est leur degré d'approximation pour des atmosphères réelles.

Les mêmes remarques s'appliquent aux calculs du Service technique, qui a basé sa définition de l'air standard uniquement sur la courbe (t_m) tracée par le professeur Gamba; il a même substitué à cette courbe deux droites d'après lesquelles la température décroîtrait linéairement jusqu'à 11000^m,

---

([1]) *Die Arbeiten des preussischen aeronautischen Observatoriums bei Lindenberg*, vol. 13, 1919, p. 41.

puis resterait constante : de là deux systèmes (t_m), (p_m), (a_m), l'un pour la troposphère, l'autre pour la stratosphère (¹).

II. La méthode que j'ai imaginée consiste à tracer la courbe (p_m) *directement*, c'est-à-dire d'après les moyennes des pressions *observées*. Quant à la courbe (a_m), ou plutôt à la courbe $\lambda = \frac{a_m}{a_0}$, je la déduis de (p_m) à l'aide de la relation $dp = -a\,dz$, qui ne comporte aucune hypothèse, si ce n'est que la masse d'air est en équilibre. Cette méthode a donc le double avantage d'utiliser le baromètre seul, et de tenir compte en bloc de toutes les influences qui agissent sur a : température, état hygrométrique et météorologique, composition, etc. Au lieu de formules telles que (1) et (2), elle en emploie une dont la probabilité est beaucoup plus grande.

Je crois donc être fondé à penser que, dans son principe, cette méthode est supérieure à la précédente. S'il en est ainsi, elle offre en outre l'intérêt suivant : en appliquant les deux méthodes dans le même champ, on pourra, par la comparaison des résultats, apprécier le degré d'exactitude, inconnu jusqu'ici, des formules telles que (1) et (2) appliquées à l'atmosphère.

III. Dans cet ordre d'idées, reportons-nous aux résultats de Lindenberg et à ceux que j'ai obtenus en analysant 40 sondages exécutés dans le premier semestre de 1912 par les sept principaux Observatoires aérologiques d'Europe (²). L'air standard qui en résulte s'étend donc à l'Europe, pour les saisons printemps-hiver, tandis que celui de Reger se limite à la région de Lindenberg, mais pour toute l'année. Malgré la différence des méthodes et des conditions, les tables (p_m), (a_m) de Reger et les miennes offrent une bonne concordance, ainsi que l'a constaté M. Rateau (³) : les écarts sont inférieurs à 2 pour 100 jusqu'à 14000^m, altitude la plus élevée des tables allemandes.

En raison de l'intérêt du sujet et des déductions que peut suggérer la comparaison envisagée, j'ai repris ma méthode et l'ai appliquée à un plus grand nombre d'observations, portant sur toute l'année.

(¹) L'hypothèse, émise par Teisserenc de Bort, d'une stratosphère à température constante, n'est qu'approchée. La température passe par un minimum, puis croît de façon presque insensible en tendant vers une valeur limite.

(²) *Comptes rendus*, t. 169, 1919, p. 818.

(³) *Comptes rendus*, t. 174, 1922, p. 1519.

RÉSISTANCE DES MATÉRIAUX. — *Possibilités d'emploi industriel des barres d'acier doux préalablement écrouies par traction.* Note de M. SEIGLE, présentée par M. Rateau.

J'ai résumé dans une Communication précédente les intéressantes propriétés mécaniques des barres d'acier doux rompues préalablement par traction; elles sont telles que des barres de section uniforme quelconque (ronds, rectangles, profilés, tubes) en acier doux écroui par traction préalable pourraient, semble-t-il, constituer un matériau industriel nouveau susceptible de nombreuses applications.

Je n'ai pas besoin de rappeler l'emploi industriel des aciers tréfilés à haute résistance pour câbles; on les emploie aussi maintenant dans les constructions en béton armé (conduites d'eau entre autres); or l'écrouissage par traction est un moyen de relever la limite élastique infiniment plus simple et moins coûteux que le tréfilage; il ne peut, il est vrai, le faire que dans de plus faibles limites, mais en laissant par contre au métal une bien meilleure striction et un bien meilleur essai de pliage sur barreaux entaillés.

Le cas extrême de l'écrouissage par traction est obtenu par une rupture préalable des barres; la limite élastique devient près de deux fois ce qu'elle était primitivement, soit environ 48^{kg} par millimètre carré; on peut donc envisager que la charge pratique de fatigue des barres pourrait être 1,7 à 2 fois la valeur actuelle consacrée par l'usage dans chaque genre de construction, soit 17^{kg} à 20^{kg} par millimètre carré, par exemple, d'où diminution considérable du poids du métal à employer.

L'acier doux tractionné reste facilement travaillable aux machines-outils par tournage, perçage, poinçonnage, etc.; il n'en serait pas de même si l'on voulait utiliser un acier recuit ayant même limite élastique de 48^{kg}, car il faudrait prendre un acier ayant environ 80^{kg} de résistance.

On pourrait d'ailleurs « tractionner » les barres à un degré intermédiaire: cela relèverait moins la limite élastique, mais on se réserverait encore la possibilité d'un allongement général, en cas de crainte d'une *fatigue anormale par traction directe* supportée par l'ouvrage considéré.

Conditions actuelles d'emploi des aciers en barres. — Il convient de réfléchir que, dans les constructions métalliques, dans les constructions en ciment armé, dans les arbres de transmissions, etc., on emploie des barres d'acier doux brutes de laminage ou de forgeage, ayant par exemple 25^{kg} de

limite élastique par millimètre carré, et susceptible d'un allongement général par traction directe de l'ordre de 20 pour 100. Or, *cette possibilité d'allongement ne sera jamais utilisée;* en effet, dans une construction en ciment armé, on ne peut absolument pas dépasser la limite élastique du métal; dans une construction métallique, un dépassement tant soit peu important donnerait des déformations inadmissibles. Il me paraît donc plus rationnel de profiter beaucoup mieux des qualités potentielles de l'acier de construction en relevant préalablement sa limite élastique et réduisant ses possibilités d'allongement général par une opération simple comme l'est une traction.

Même dans le cas extrême d'allongement général par traction directe réduit à zéro par rupture préalable à la traction, on est sûr que les barres présenteront toujours d'énormes possibilités de déformation permanente par flexion, choc ou torsion, en cas d'efforts anormaux supérieurs à ceux prévus.

Pratique de l'opération de traction. — La traction de longues barres de section quelconque n'offre pas plus de difficulté que celle des barreaux de traction effectuée journellement dans les usines métallurgiques, en prenant des appareils de longueur et puissance appropriées. Les ronds pour ciment armé se prêteraient particulièrement bien à l'opération; pour les profilés, il faudrait des mordaches de serrage de forme convenable.

Rien n'empêcherait d'ailleurs d'utiliser dans une construction à la fois des barres d'acier ordinaires et des barres d'acier tractionnées.

Cas de tubes et de canons. — L'écrouissage exercé dans un sens produit ses effets dans tous les sens du métal traité; l'écrouissage par traction longitudinale me paraît donc susceptible d'améliorer d'une façon sérieuse les conditions de fatigue admissible pour des tubes et des canons.

Cas des pièces devant être chauffées. — Bien entendu, tout procédé d'écrouissage n'a plus de sens si les pièces doivent être chauffées, ce traitement détruisant l'écrouissage.

Cas de certains aciers au nickel. — Parmi les aciers au nickel, ceux à 25 pour 100 présentent après recuit une limite élastique relativement faible par rapport à la résistance, et un très grand allongement général; la rupture préalable par traction leur donne donc une limite élastique particulièrement forte par millimètre carré de la nouvelle section.

ASTRONOMIE PHYSIQUE. — *Sur les températures effectives des étoiles* θ *et* ι *de la Grande Ourse*. Note de MM. **Charles Nordmann** et **Le Morvan**.

Nous avons récemment annoncé [1] que les températures effectives des étoiles θ et ι Grande Ourse, déduites de leurs intensités relatives R et B observées à travers les écrans rouge et bleu du photomètre hétérochrome de l'Observatoire, sont sensiblement identiques, bien que les types spectraux de ces étoiles soient respectivement F 8 et A 5. Dans le *Bulletin of the Astronomical Institute of the Netherlands* (29 sept. 1922, n° 25), M. Ejnar Hertzsprung, comparant ce résultat et le fait dès longtemps connu que les « mean colour-equivalents » de ces deux étoiles sont sensiblement différents, croit pouvoir en conclure que notre résultat est en contradiction avec ce fait.

Il est facile de montrer qu'il n'en est rien.

Voici les chiffres que nous avons donnés dans notre Communication (*loc. cit.*), et qu'il est nécessaire de rappeler [R, V et B désignant, à une constante près, les logarithmes des intensités des étoiles désignées, observées respectivement à travers les écrans rouge, vert et bleu (antérieurement définis) de notre photomètre hétérochrome] :

Nom de l'étoile.	R.	V.	B.	B — R.
θ Grande Ourse......	1,020	1,440	1,858	0,838
ι »	1,016	1,386	1,856	0,840

Ainsi que cela résulte de ces nombres et de notre précédente Communication, les températures effectives de ces étoiles, *lorsqu'on les déduit des valeurs comparées de* B *et de* R, sont sensiblement identiques. Les longueurs d'onde efficaces (longueurs d'onde du centre de gravité de la courbe de luminosité de l'étoile vue à travers l'écran) correspondant aux écrans bleu et rouge du photomètre hétérochrome (voir nos publications antérieures) sont voisines de $0^{\mu},46$ et $0^{\mu},63$ respectivement. Or le « mean colour-equivalent » ou « colour-index » d'une étoile est un nombre caractéristique déduit de la différence existant entre la grandeur photographique et la grandeur visuelle de cette étoile. Les longueurs d'onde efficaces correspondant à l'éclat visuel et à l'éclat photographique des étoiles sont d'ailleurs respectivement voisines de $0^{\mu},55$ et de $0^{\mu},43$. Les intensités relatives des deux étoiles considérées peuvent donc être, sans aucune contradiction, sensiblement identiques pour les régions du spectre correspon-

(1) *Comptes rendus*, t. 174, 1922, p. 662.

dant à $\lambda = 0^{\mu},63$ et $\lambda = 0^{\mu},46$, et être nettement différentes si l'on considère les régions correspondant à $\lambda = 0^{\mu},55$ et $\lambda = 0^{\mu},43$. Abbot a montré depuis longtemps que la température effective du Soleil diffère notablement selon qu'on la déduit des intensités relatives de telles ou telles régions spectrales. Il est naturel de penser qu'il en est de même dans les étoiles et M. Lindblad a montré récemment [1] qu'il devait nécessairement en être souvent ainsi pour des raisons variées.

Cela ressort d'ailleurs des nombres mêmes donnés dans notre précédente Communication et rappelés ci-dessus.

Si l'on considère en effet les différences B — V des nombres ci-dessus, on voit que, contrairement à ce qui résulte des différences B — R, la température effective de ι Grande Ourse se trouverait nettement supérieure à celle de θ Grande Ourse, ce qui est conforme aux types spectraux de ces étoiles et à leurs « colour-equivalents ». Or précisément les longueurs d'onde efficaces ($\lambda = 0^{\mu},46$ et $\lambda = 0^{\mu},55$) correspondant à B et V ne diffèrent pas très notablement de celles qui correspondent au « colour-equivalent ».

Il n'y a donc aucune contradiction entre le fait singulier que nous avons signalé antérieurement (et que constitue les valeurs presque identiques des différences B — R pour ces deux étoiles) et les faits antérieurement connus relativement aux « colour-equivalents » de ces étoiles.

La conclusion de M. Ejnar Hertzsprung est donc erronée.

OPTIQUE. — *Sur le coefficient de Fresnel.*
Note [2] de M. **Charles-L.-R.-E. Menges.**

La formule de Fresnel

$$\frac{c}{\mu} + \left(1 - \frac{1}{\mu}\right) w \tag{1}$$

donne la vitesse de la lumière dans un corps transparent d'indice de réfraction μ et en mouvement à la vitesse w. L'expression

$$1 - \frac{1}{\mu}, \tag{1a}$$

le coefficient de Fresnel, est interprété comme indiquant la part de la vitesse du corps qui s'ajoute à la vitesse de la lumière.

(1) Upsala Univ. Arsskrift, 1920 (*Mathem. och Naturvetenskap*, I).

(2) Séance du 25 septembre 1922.

La démonstration concerne spécialement les belles expériences de M. P. Zeeman sur l'effet de Fizeau dans les corps solides : un cylindre en verre, par exemple, de longueur l, est traversé dans sa longueur par un rayon lumineux. Ce rayon interfère avec les ondes lumineuses qui ont parcouru la même distance dans l'air. On mesure la différence entre la position des franges d'interférence quand le cylindre est immobile et quand il se meut dans la direction de son axe à la vitesse w.

Soit n la fréquence avec laquelle les ondes lumineuses sont émises par la source. Lorsque le cylindre en verre est immobile, n est aussi la fréquence dans le verre; soit alors μ l'indice de réfraction du verre employé; c est la vitesse de la lumière dans le vide. Le nombre d'ondes dans le cylindre en verre de longueur l est $l : \frac{c}{\mu n} = \frac{ln}{c}\mu$.

Dans l'air, un rayon de même longueur a le nombre d'ondes $\frac{ln}{c}\cdot$ La différence de phase est donc

$$\varphi = \frac{ln}{c}\mu - \frac{ln}{c}\cdot \tag{2}$$

Lorsque le cylindre a la vitesse w dans la direction de la propagation des ondes, la fréquence dans le verre est de

$$n' = \frac{c-w}{c}n. \tag{3}$$

Si l'on avait une source lumineuse avec cette fréquence, un cylindre en verre *immobile* par rapport à cette source recevrait alors la lumière de cette fréquence avec la vitesse c et nous savons, par l'expérience, que *dans ce cas* l'indice de réfraction est μ' au lieu de μ. Mais dans le cas précédemment considéré le cylindre n'est pas immobile, il a la vitesse w. Ce serait donc en contradiction avec la causalité et la logique que d'admettre que ce cas est identique à celui pour lequel l'indice de réfraction est μ'. Par conséquent, il faut admettre un indice de réfraction différent de μ', soit μ'_w pour le cylindre mobile. D'après la signification physique de l'indice de réfraction nous avons

$$\mu'_w = \frac{\text{vitesse avec laquelle la lumière arrive au cylindre}}{\text{vitesse avec laquelle la lumière se propage dans le cylindre}}\cdot \tag{4}$$

Nous obtenons, d'une manière analogue au développement de la formule (2), la différence de phase pour l'expérience avec cylindre mobile

$$\varphi_w = \frac{ln'}{c'}\mu'_w - \frac{ln}{c}\cdot \tag{2^a}$$

D'après la relativité naturelle du mouvement, nous avons : $c' = c - w$, (5).

L'effet qui résulte du mouvement est donc

$$(6)\quad \Delta\varphi_w = \varphi_w - \varphi = \frac{ln'}{c'}\mu'_w - \frac{ln}{c} - \frac{ln}{c}(\mu - 1) = \frac{l\dfrac{c-w}{c}}{c-w}\mu'_w - \frac{ln}{c}\mu = \frac{ln}{c}(\mu'_w - \mu).$$

Ensuite nous avons

$$(7)\quad \frac{\Delta\varphi_w}{n'-n} = \frac{d\varphi_w}{dn'},$$

car le membre droit est la limite du membre gauche; cette équation doit donc être vraie si la différence $n' - n$ est relativement assez petite.

De l'équation (2^a) nous tirons

$$(8)\quad \frac{d\varphi_w}{dn'} = l\frac{d}{dn'}\left(\frac{n'\mu'_w}{c'}\right) = l\left[\left(\mu'_w + n'\frac{d\mu'_w}{dn'}\right)\frac{1}{c'} - \frac{1}{c'^2}\frac{dc'}{dn'}n'\mu'_w\right].$$

Pour des différences relativement petites nous pouvons admettre, d'après (5) et (3),

$$dc' = c' - c = -w, \qquad dn' = n' - n = -\frac{w}{c}n,$$

donc

$$(9)\quad \frac{dc'}{dn'} = \frac{c}{n}.$$

En insérant cette valeur dans (8) et en prenant ensuite $c' = c$ et $n' = n$, nous obtenons, pour la dérivée à la fréquence n, l'expression

$$(10)\quad \frac{d\varphi_w}{dn'} = l\left[\left(\mu'_w + n'\frac{d\mu'_w}{dn'}\right)\frac{1}{c'} - \frac{1}{c'^2}\cdot\frac{c}{n}n'\mu'_w\right] = \frac{ln}{c}\frac{d\mu'_w}{dn'}.$$

Cette valeur et la valeur de $\Delta\varphi_w$ de (6) dans (7) donnent

$$(11)\quad \frac{d\mu'_w}{dn'} = \frac{\mu'_w - \mu}{n'-n},$$

d'où

$$(12)\quad \mu'_w = \frac{n'}{n}\mu + (n'-n)\frac{d\mu}{dn'} - \frac{n'-n}{n},$$

comme il est facile de vérifier en différentiant. Car nous admettons — d'accord avec la formule

$$(13)\quad \mu' = \mu + (n'-n)\frac{d\mu}{dn'}$$

selon Lorentz — que $\frac{d\mu}{dn'}$ ne varie pas de n à n'.

En substituant (12) et la valeur de $n'-n$, tirée de (3) dans (6), nous obtenons pour l'effet optique

$$(14) \qquad \Delta\varphi_w = -\frac{lnw}{c^2}\left(\mu - 1 + n\frac{d\mu}{dn'}\right).$$

Les expériences de Zeeman vérifient cette équation.

Au lieu de (12) nous pouvons écrire avec (13) et (3)

$$(15) \qquad \mu'_w = \mu' + \frac{n'-n}{n}(\mu - 1) = \mu' - \frac{w}{c}(\mu' - 1).$$

Soit maintenant V la vitesse de la lumière dans le cylindre en verre et par rapport à celui-ci. Ce cylindre étant en mouvement à la vitesse w, alors $V + w$ *est*, *d'après la relativité naturelle du mouvement*, la vitesse de la lumière dans le verre mobile par rapport à la source lumineuse. La définition de μ'_w, selon (4), donne, avec (15),

$$(16) \qquad V = \frac{c-w}{\mu'_w} = \frac{c\left(1-\frac{w}{c}\right)}{\mu'\left[1-\frac{w}{c}\left(1-\frac{1}{\mu'}\right)\right]} = \frac{c}{\mu'}\left(1-\frac{w}{c}+\frac{w}{c}-\frac{w}{c\mu'}\right) = \frac{c}{\mu'} - \frac{w}{\mu'^2};$$

$$(17) \qquad V + w = \frac{c}{\mu'} + \left(1 - \frac{1}{\mu'^2}\right)w.$$

C'est la formule de Fresnel avec le perfectionnement introduit par Lorentz.

Remarquons que la formule est établie, dans ce qui précède, *sans l'introduction d'aucune hypothèse spéciale* plus ou moins douteuse, mais en appliquant conséquemment la relativité naturelle du mouvement et la signification physique de l'indice de réfraction selon (4).

ÉLECTRICITÉ. — *Le potentiel explosif d'un gaz.* Note (¹) de MM. **G. Holst** et **E. Oosterhuis**, transmise par M. H. Kamerlingh Onnes.

D'après la théorie de l'ionisation par chocs de M. Townsend (²), le potentiel explosif ne dépend que des propriétés du gaz; la matière des électrodes ne joue aucun rôle. Dans une série d'expériences (³) sur les gaz rares, nous avons constaté une importante influence de la matière de la cathode, au voisinage du potentiel explosif minimum. Cette observation nous a conduit à

(¹) Séance du 24 juillet 1922.

(²) J. S. Townsend, *Electricity in gases*, 1915.

(³) *Versl. Kon. Akad. van Wet. Amsterdam*, t. 29, 1920, p. 849.

supposer (¹) que les ions positifs ne produisent pas l'ionisation par chocs contre les molécules du gaz, mais que par leur attraction électrostatique ils peuvent les libérer de la cathode. Il s'ensuit qu'autant plus la constante φ de Richardson de la matière cathodique est petite, autant plus le potentiel explosif sera réduit. Cette conclusion est vérifiée par l'expérience.

Cette hypothèse nous conduit à une théorie simple du potentiel explosif. Considérons d'abord un gaz idéal dans lequel un électron ne subit aucune perte d'énergie dans les chocs non-ionisants. Un électron qui part de la cathode produira g fois l'ionisation, où $g = \frac{V}{V_i}$, V étant le potentiel total, V_i le potentiel d'ionisation. Les électrons engendrés produiront l'ionisation à leur tour. Au total, $2^g - 1$ ions positifs sont engendrés (*fig.* 1).

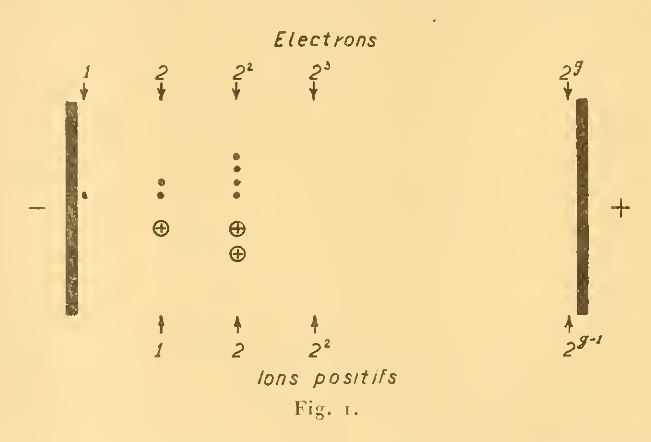


Fig. 1.

Ces ions positifs se meuvent vers la cathode, où ils sont neutralisés. Il existe une certaine probabilité qu'un tel ion à côté de l'électron qui le neutralise, fasse sortir un second électron de la cathode. Cette probabilité est W, où $W = f(\varphi)$. Les $2^g - 1$ ions positifs libéreront alors $(2^g - 1)W$ électrons et l'on voit que dès que $(2^g - 1)W > 1$, l'électron original engendrera une famille toujours croissante; la décharge disruptive apparaît. Nous avons déduit de nos expériences sur le potentiel explosif minimum dans le néon la valeur $g = 6$ pour le magnésium, donc $W = \frac{1}{63}$; pour les métaux alcalins nous avons trouvé $g = 4$, $W = \frac{1}{15}$.

Supposons maintenant qu'on puisse négliger toutes les pertes d'énergie, sauf celles dans les collisions élastiques, ce qui s'applique approximati-

(¹) *Versl. Kon. Akad. van Wet. Amsterdam*, t. 30, 1921, p. 10.

vement au néon [1]. M. G. Hertz [2] a donné une formule pour l'énergie d'un électron qui a parcouru une différence de potentiel donnée dans un gaz élastique. On en déduit facilement la différence de potentiel $V'_i (> V_i)$ qu'un électron doit parcourir afin de produire l'ionisation. Le pot. expl. V_e

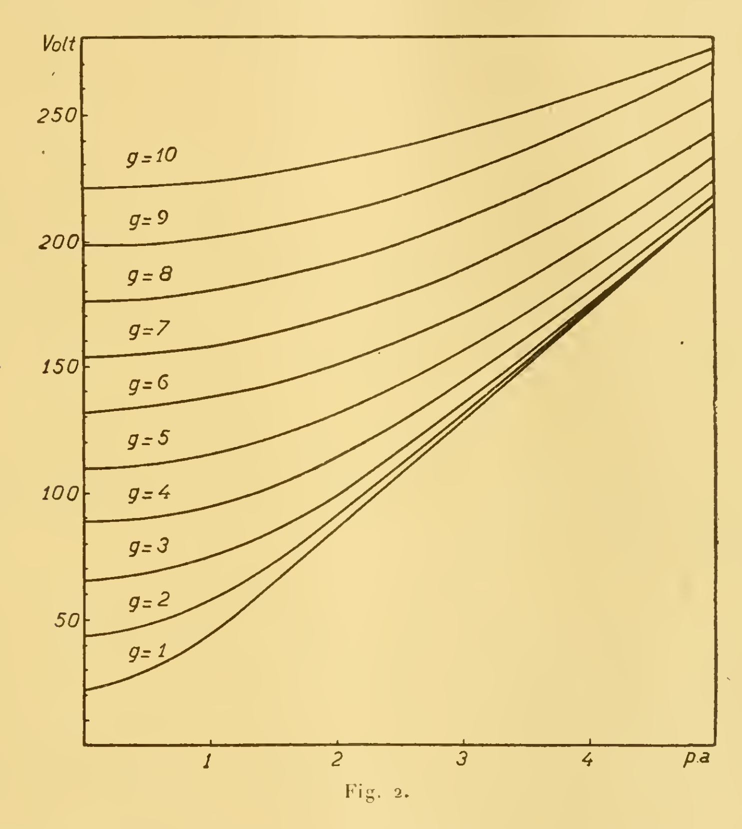


Fig. 2.

sera égal à gV'_i. Ainsi on trouve la formule (pour les valeurs de V_e à droite du minimum)

$$V_e = V_i \frac{273\, ap\sqrt{2k}}{T.76.\lambda_n.4\sqrt{2}} \frac{e^{\frac{273\, ap.2\sqrt{2k}}{T.76.\lambda_n.g.4\sqrt{2}}}+1}{e^{\frac{273\, ap.2\sqrt{2k}}{T.76.\lambda_n.g.4\sqrt{2}}}-1};$$

a, distance des électrodes (cm);
p, pression du gaz (cm Hg);
$k = 2\frac{m}{M}$, le double rapport de la masse de l'électron à la masse de l'atome;
λ_n, le chemin de libre parcours de l'électron dans les conditions normales.

---

(1) G. Hertz, *Versl. Kon. Akad. van Wet. Amsterdam*, t. 31, 1922, p. 94.

(2) *Verh. D. Phys. Ges.*, t. 19, 1917, p. 268.

Le potentiel explosif est donc une fonction du produit pa, c'est la loi bien connue de Paschen; mais, en plus, il dépend de g qui, à son tour, est une fonction de φ.

Pour le néon :

$$V_i = 22 \text{ volts}, \quad k = 5,42.10^{-5}, \quad \lambda_n = 11,7.10^{-6} \text{ cm}, \quad T = 290°,$$

$$V_e = 42,5\,pa \frac{e^{3,85\frac{pa}{g}} + 1}{e^{3,85\frac{pa}{g}} - 1}.$$

Dans la figure 2, on a tracé les courbes V_e en fonction de (pa) pour les valeurs diverses de g. Ces valeurs concordent assez bien avec l'expérience.

Une conséquence des plus remarquables de cette théorie est que pour les gaz où les pertes d'énergie sont grandes, l'influence de la cathode disparaît. C'est probablement la raison pour laquelle on a souvent douté d'une influence de la cathode.

OPTIQUE APPLIQUÉE. — *De la probabilité d'éclairer un avion à l'aide d'un faisceau de projecteur électrique balayant le ciel.* Note [1] de M. **Jean Rey**, transmise par M. A. Blondel.

Théorie complète. — Dans la théorie exposée dans une Note précédente [2], j'ai négligé, pour le calcul de la probabilité, l'influence du balayage du faisceau dans le ciel. Le faisceau, n'est pas projeté instantanément, comme je l'ai tout d'abord supposé, dans chaque intervalle infiniment petit dt sur un point quelconque de la sphère céleste. Il se déplace angulairement à la volonté de l'observateur. La probabilité d'atteindre l'avion est d'autant plus forte que ce déplacement est plus rapide; mais la vitesse angulaire toutefois ne doit pas dépasser une certaine limite pour que la durée d'éclairage de l'avion suffise à produire une impression visuelle bien nette.

Désignons par ω la vitesse angulaire du faisceau par seconde, ωR représente alors le déplacement du faisceau à la distance R dans l'unité de temps. La vitesse de ce déplacement doit être telle que la durée d'éclairage d'un point donné de la sphère céleste ne reste pas inférieure à un temps τ fixé comme limite [3]. Pendant le temps τ le déplacement du faisceau est donc

---

[1] Séance du 2 octobre 1922.

[2] *Comptes rendus*, t. 172, 1922, p. 466.

[3] En réalité le temps τ varie avec l'éclairement de l'avion suivant une fonction assez complexe. Je néglige dans la théorie ci-dessus cette variation.

$\omega R\tau$ et il doit être égal au diamètre de la section lumineuse du faisceau, c'est-à-dire à $2R\sin\varphi$.

La condition

$$\omega R\tau = 2R\sin\varphi \tag{1}$$

exprime donc que la durée d'éclairage d'un point quelconque par le faisceau se déplaçant avec la vitesse ω est égale au minimum τ admis. Comme le contour de l'avion assimilé à un cercle de rayon ρ est de dimension finie, on est certain que si la condition (1) est remplie, la durée réelle de l'éclairage sera toujours supérieure à τ.

Quelle est maintenant la probabilité que le faisceau rencontrera l'avion ?

C'est encore une probabilité de surface, mais variable avec la durée de l'observation.

Pendant l'unité de temps, la probabilité que le cercle représentant l'avion tombera dans la surface balayée par le faisceau est donnée par le rapport de cette surface agrandie en tous sens d'une quantité égale au rayon ρ du dit cercle, à la portion de la sphère céleste où l'avion peut apparaître. La surface balayée par le faisceau dans l'unité de temps est un rectangle ayant pour côté le déplacement du faisceau ωR ou d'après (1) $\frac{2R\sin\varphi}{\tau}$ et sa largeur $2R\sin\varphi$. La surface considérée a pour aire

$$[2R\sin\varphi + 2\rho]\left[\frac{2R\sin\varphi}{\tau} + 2\rho\right],$$

et, si j'appelle S la portion accessible au faisceau de la sphère céleste, j'ai donc pour la probabilité dans l'unité de temps :

$$p = \frac{[2R\sin\varphi + 2\rho]\left[\frac{2R\sin\varphi}{\tau} + 2\rho\right]}{S}$$

et dans l'intervalle de temps dt :

$$dp = \frac{4[R\sin\varphi + \rho]\left[\frac{R\sin\varphi}{\tau} + \rho\right]}{S}\,dt. \tag{2}$$

Pour expliciter le temps, je suppose que l'avion cherche à franchir le projecteur à son zénith, en se maintenant à une hauteur H sensiblement constante, comprise entre un minimum H_0 et un maximum H_1, plafond de l'aéronef considéré, avec une vitesse uniforme V.

Soit M le point où l'avion coupe la sphère de rayon R ayant pour centre

le projecteur O, OM étant la limite de sa portée lumineuse et A son zénith. La distance horizontale $MA = \sqrt{R^2 - H^2}$ et $OA = H$.

$MA = Vt$, t étant la durée du parcours de la limite de portée au zénith du projecteur.

D'où $t = \frac{\sqrt{R^2 - H^2}}{V}$. Si l'avion conserve sa hauteur, $dt = \frac{1}{V}\frac{R\,dR}{\sqrt{R^2 - H^2}}$.

Substituant cette expression du temps dans l'équation (2), développant et intégrant en fonction de R, depuis $OA = H$ jusqu'à $OM = R$, on obtient la valeur de la probabilité :

$$p_H = \frac{1}{V}\left[\frac{2\sin^2\varphi}{\pi\tau}\int_H^R \frac{R\,dR}{\sqrt{R^2 - H^2}} + \frac{2\rho^2}{\pi}\int_H^R \frac{dR}{R\sqrt{R^2 - H^2}} + \frac{2\rho\sin\varphi}{\pi}\left(1 + \frac{1}{\tau}\right)\int_H^R \frac{dR}{\sqrt{R^2 - H^2}}\right].$$

Et, en effectuant les quadratures,

$$(3)\qquad p_H = \frac{1}{V}\left[\frac{2\sin^2\varphi}{\pi\tau}\sqrt{R^2 - H^2} + \frac{2\rho^2}{\pi}\frac{1}{H}\operatorname{arc\,tang}\left(\frac{\sqrt{R^2 - H^2}}{H}\right) + \frac{2\rho\sin\varphi}{\pi}\left(1 + \frac{1}{\tau}\right)\mathcal{L}\left(\frac{\sqrt{R^2 - H^2} + R}{R}\right)\right].$$

Comme on le voit, la probabilité varie avec H et elle est d'autant moindre que la valeur de H est plus grande. L'avion a donc toujours intérêt à voler le plus haut possible.

A titre d'exemple, reprenons les données des Notes précédentes.

Soit $R_1 = 10^{km}$ la limite de portée d'un projecteur dont l'angle solide du faisceau est $2\varphi_1 = 2^\circ$ dans une atmosphère parfaitement transparente.

Soient $\rho = 6^m$ le rayon du contour de l'avion considéré, et $\tau = 0^{sec},5$ la durée minima nécessaire à une bonne perception.

Pour $H_1 = 5000^m$, plafond supposé de l'avion, $p_{H_1} = \frac{1}{V} \times 0,0035068 1$.

Pour $H = 3000^m$, $p_H = \frac{1}{V} \times 0,00386372$.

Et pour $H_0 = 1000^m$, hauteur minima, $p_{H_0} = \frac{1}{V} \times 0,00405200$.

En s'élevant de 1000^m à 5000^m, la probabilité pour l'avion d'être découvert décroît de 450 à 350,68, soit 1 à 0,865, ou environ de 14 pour 100.

Pour l'observateur qui ignore à l'avance la hauteur H à laquelle l'avion se tiendra, mais qui sait quelles seront ses limites, quelle est la probabilité moyenne? Si l'on prend la moyenne arithmétique des deux probabilités

extrêmes, ce sera, dans l'exemple choisi, $\frac{p_{H_0}+p_{H_1}}{2}=\frac{1}{V}\times\frac{377,94}{10^5}$; la moyenne géométrique $\sqrt{p_{H_0}+p_{H_1}}=\frac{1}{V}\,\frac{376,95}{10^5}$.

Elles sont ici presque identiques.

Il est plus rigoureux de prendre, comme moyenne, l'expression

$$(4)\qquad p_{moy}=\frac{1}{H_1-H_0}\int_{H_0}^{H_1}p_H\,dH,$$

c'est-à-dire de faire l'intégration des trois termes de la formule (3). En introduisant l'angle d'altitude α par l'expression $H=R\sin\alpha$, il est facile d'intégrer le premier et le troisième terme; quant au second qui revient à l'intégrale $\int\mathcal{L}(\sin\alpha)\,d\alpha$, il exige un développement en série. Sa faible valeur n'atteignant pas 1 pour 100 du total, permet de le négliger. On arrive alors à l'expression

$$(5)\quad p_{moy}=\frac{1}{V}\,\frac{1}{H_1-H_0}\left\{\frac{2\sin^2\varphi}{\pi\tau}\left[\frac{R^2}{2}(\alpha_1-\alpha_0)+\frac{H_1}{2}\sqrt{R^2-H_1^2}-\frac{H_0}{2}\sqrt{R^2-H_0^2}\right]\right.$$
$$\left.+\frac{2\rho\sin\varphi}{\pi}\left(1+\frac{1}{\tau}\right)R[\sin\alpha_1\mathcal{L}(1+\cos\alpha_1)+\alpha_1-\sin\alpha_1-\sin\alpha_0\mathcal{L}(1+\cos\alpha_0)-\alpha_0+\sin\alpha_0]\right\}$$

CHIMIE ORGANIQUE. — *Remarques sur la préparation du cyclohexanol.* Note de M. **André Brochet**, présentée par M. A. Haller.

J'ai montré précédemment que le nickel réduit, préparé suivant les indications de MM. Sabatier et Senderens, se comportait comme les métaux nobles : palladium, platine, etc., et permettait la réduction et l'hydrogénation, même à la température ordinaire et sous la pression atmosphérique, des composés organiques fondus, en solution ou en suspension dans un liquide (1).

Parmi les hydrogénations, j'ai particulièrement étudié celle du phénol. J'ai indiqué précédemment les grandes lignes de la préparation du cyclohexanol, je puis aujourd'hui préciser certains points intéressants.

Sous la pression atmosphérique, le phénol contenant 10 pour 100 de son poids de nickel actif absorbe lentement l'hydrogène dès 50°. L'opération a été effectuée dans un appareil en verre que j'ai décrit autre part (2). Cet

(1) André Brochet, *Comptes rendus*, t. 158, 1914, p. 1351.
(2) André Brochet, *Bull. Soc. chim.*, 4e série, t. 15, 1914, p. 554.

appareil, monté sur un agitateur, pouvait être chauffé électriquement. En élevant progressivement la température, j'ai obtenu les valeurs suivantes pour l'activité spécifique du nickel dans ces conditions (nombre de centimètres cubes d'hydrogène absorbé par gramme de catalyseur et par minute) :

Durée (minutes)...	0	15	30	45	60	75	90	105	120
Température......	52°	55°	65°	78°	87°	95°	113°	123	145°
Activité spécifique.	»	0,55	0,72	0,83	1,39	2,22	3,33	4,11	5,55

L'expérience a dû être arrêtée du fait de l'accumulation de vapeur d'eau dans l'atmosphère d'hydrogène par suite de l'emploi d'un compteur à gaz humide. Le phénol est un gros absorbeur d'hydrogène et l'absorption de 6 litres pour 200^g de phénol ne représentait que 4 pour 100 de la théorie. On ne peut donc envisager la préparation pratique du cyclohexanol dans ces conditions, il faut nécessairement opérer sous pression.

Les essais sous pression ont été poursuivis dans un autoclave en cuivre pouvant contenir 800$^{cm^3}$ de phénol, chauffé électriquement et monté sur un appareil d'agitation. L'absorption de l'hydrogène est alors rapide entre 100° et 150° sous la pression de 10-15 atmosphères et il faut recharger régulièrement l'appareil. On arrive ainsi à la transformation intégrale, de sorte que le cyclohexanol obtenu, si la température ambiante est fraîche, se prend en masse du jour au lendemain.

Dans les nombreux essais que j'ai faits, je n'ai jamais trouvé aucun produit intermédiaire entre le phénol et le cyclohexanol même au début des opérations. Le mécanisme de la réaction est donc le même, soit lorsqu'on opère l'hydrogénation du phénol par le nickel en milieu liquide, soit lorsqu'on opère à l'état de vapeur comme l'ont fait MM. Sabatier et Senderens. D'autre part, alors que dans ce dernier cas il peut y avoir formation de cyclohexène, de cyclohexane et surtout de cyclohexanone, dont on peut restreindre la proportion en opérant à température aussi basse que possible, en opérant sur le phénol liquide il n'y a aucune autre impureté que la matière première non transformée, si la réaction n'a pas été poussée à fond. Il suffit alors de laver le produit, après filtration pour le séparer du nickel, avec de la soude caustique étendue, puis avec de l'eau pure [1].

---

[1] Il y a lieu de remarquer que le mélange tiède de phénol et de cyclohexanol est miscible avec la lessive de soude concentrée. Par refroidissement on obtient un magma d'aiguilles blanches fusible à 61°. Je n'ai pas eu occasion de poursuivre l'étude de ce produit.

Le cyclohexanol ainsi obtenu peut être distillé sans dessiccation préalable, il passe de l'eau, entraînant un peu de produit ; la température s'élève ensuite rapidement et la presque totalité distille entre 160° et 161° sous 760^{mm}. Le point de solidification est de 23°,5.

La quantité de catalyseur à employer est une question du plus haut intérêt. En principe, 1 pour 100 de nickel est suffisant pour avoir une bonne opération, mais il est préférable, bien que la quantité d'hydrogène fixée dans un temps donné ne soit pas proportionnelle à la quantité de catalyseur, de forcer la dose de celui-ci jusqu'à 5 pour 100 et même au delà. Il y a alors tout intérêt à faire servir ce catalyseur un grand nombre de fois. A cet effet, j'ai employé un autoclave muni d'un système de filtration (*loc. cit.*) permettant de conserver le nickel dans l'appareil, qu'il suffit de recharger en phénol à chaque opération.

Comme dans l'hydrogénation des gaz et des vapeurs, suivant la remarque de MM. Sabatier et Senderens, on constate que l'activité du nickel s'accroît légèrement pour diminuer considérablement au bout d'un certain temps de travail. Je citerai, à titre d'exemple, une série d'opérations faites en prenant 40^{g} de nickel actif, lesquels m'ont permis de faire huit hydrogénations de 700^{g} de phénol, à raison d'une opération par jour correspondant à l'absorption de 450^{l} à 500^{l} d'hydrogène. La neuvième hydrogénation a demandé trois jours avec des absorptions de 250^{l}, 150^{l} et 50^{l} par jour. Ces 40^{g} de nickel m'ont donc permis d'hydrogéner 6300^{g} de phénol et d'absorber plus de 4000^{l} d'hydrogène.

Le catalyseur, séparé par filtration, lavé à l'alcool et séché, est excessivement léger ; bien que ne permettant plus l'hydrogénation du phénol, il se prête encore à l'hydrogénation du cinnamate de soude en solution alcaline, sous la pression atmosphérique, avec une vitesse presque normale.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur l'absorption de l'éthylène par l'acide sulfurique. Production d'alcool éthylique, de sulfate diéthylique et d'hydrocarbures liquides.* Note de M. A. **Damiens**, présentée par M. Le Chatelier.

En 1913, MM. P. Lebeau et A. Damiens [1] ont montré, dans l'établissement de leur méthode d'analyse des gaz, que certains catalyseurs activaient considérablement l'absorption de l'éthylène par l'acide sulfurique. Depuis

---

[1] P. Lebeau et A. Damiens, *Comptes rendus*, t. 156, 1913, p. 557.

lors, M. de Loisy a mis en évidence l'intérêt qui s'attache à cette réaction, particulièrement en vue d'obtenir de l'alcool éthylique et d'autres produits utilisables, à partir de l'éthylène industriel. Nous publions aujourd'hui les résultats obtenus dans les recherches de laboratoire poursuivies à son instigation et qui l'ont conduit à ses conclusions ([1]).

Nous avons d'abord étudié l'influence, sur la vitesse de réaction de l'éthylène et de l'acide sulfurique, de tous les facteurs autres que la présence de catalyseurs. La vitesse de fixation V est directement proportionnelle à la pression P du gaz ($PV = P'V'$), et à la surface de contact. L'agitation, qui augmente et renouvelle la surface de contact, est très importante : 12000 secousses à l'heure rendent la vitesse de 20 à 27 fois plus élevée, selon les essais. Quant à la concentration de l'acide, l'addition de 2 pour 100 d'eau diminue de moitié sa vitesse de réaction. Enfin, l'élévation de température favorise la fixation, mais au-dessus de 60° commence à se manifester une destruction partielle de la matière organique par l'acide, ce qui montre l'intérêt qu'il y a à effectuer cette réaction à basse température.

L'influence de certains catalyseurs agissant à froid est considérable. MM. Lebeau et Damiens ont utilisé les anhydrides vanadique, uranique, les acides sulfotungstique et sulfomolybdique. Les essais faits par ces auteurs pour étudier plus complètement ces réactions, interrompus par la guerre, avaient toutefois permis de constater que la catalyse ne se produit que si les réactifs ont été réduits soit par le mercure, présent dans leurs premières expériences où l'éthylène était manipulé sur une cuve à mercure, soit par d'autres moyens ([2]).

Cette réduction aboutit à la précipitation de sous-sulfates qui sont très peu solubles dans l'acide concentré. Cette observation devait conduire à faire des essais avec d'autres sous-sulfates.

L'insolubilité de tels produits dans l'acide rend nécessaire une vive agitation pendant l'absorption, pour mettre en contact aussi intime que possible les trois corps en présence : l'éthylène (gazeux), l'acide (liquide), le catalyseur (solide). Il est de plus nécessaire de refroidir. Le dispositif que nous utilisions répondait à ces nécessités.

De tous les corps étudiés, celui qui a donné la vitesse de fixation la plus considérable a été l'oxyde cuivreux, que l'acide transforme en sulfate

---

([1]) E. de Loisy, *Comptes rendus*, t. 170, 1920, p. 50.

([2]) P. Lebeau et A. Damiens, *Annales de Chimie*, 9e série, t. 8, 1917, p. 221.

cuivreux; ce dernier corps, préparé par la méthode de Recoura, ou le chlorure cuivreux, donne d'ailleurs le même résultat que l'oxyde. En faisant varier les conditions d'emploi de ces corps, nous avons pu obtenir trois produits différents : de l'alcool éthylique, du sulfate diéthylique et un liquide présentant tous les caractères d'un pétrole.

Alcool et sulfate diéthylique. — Si l'oxyde ou le sulfate cuivreux est mêlé à l'acide sulfurique à froid (de 1 à 5 pour 100), et si l'absorption est faite de même à basse température, on obtient de l'acide éthylsulfurique dont l'hydrolyse donne de l'alcool. Le rendement est à peu près théorique.

Si l'acide sulfurique employé a une teneur en acide SO^4H^2 au moins égale à 97 pour 100, la réaction est d'abord identique à la précédente; mais, si l'on continue à faire réagir l'éthylène, on constate qu'il se forme, à partir d'une certaine concentration en acide éthylsulfurique, du sulfate diéthylique.

Il y a équilibre entre l'acide sulfurique, le sulfate diéthylique et l'acide éthylsulfurique, selon la réaction réversible suivante :

$$SO^4H^2 + SO^4(C^2H^5)^2 \rightleftharpoons 2SO^4H.C^2H^5.$$

Avec de l'acide sulfurique à 100 pour 100 SO^4H^2, et à 15°, la concentration du liquide en acide éthylsulfurique est de 35,6 pour 100, en équilibre avec le sulfate diéthylique. L'équilibre se déplace dans le sens de la destruction du sulfate diéthylique, par élévation de température et par hydratation de l'acide. Dans les conditions les plus favorables, nous avons pu obtenir 17^g de ce sulfate à partir de 17^g d'éthylène et 100^g d'acide sulfurique.

Pétrole. — Si l'oxyde ou le sulfate cuivreux est chauffé au contact de l'acide, et si l'absorption de l'éthylène est faite à froid, avec ce réactif, en présence de mercure métallique ou de sulfate mercureux, la vitesse s'accélère et devient bientôt considérable. Il se sépare une huile de densité 0,77, de point d'ébullition supérieur à 110° et variable, donnant par distillation fractionnée des fractions de compositions légèrement différentes :

	Point d'ébullition.	Poids des fractions pour 100.	C pour 100.	H pour 100.	Rapport $\frac{C}{H}$.
Produit brut.....	variable	//	83,14	14,50	5,73
			82,80	14,68	5,64
Distillat : 1°.....	110°-200°	40	84,52	15,36	5,50
			84,63	15,37	5,50
2°.....	200 -215	20	84,68	14,99	5,55
			85,64	15,23	5,62
3°.....	215 -300	40	84,38	14,61	5,77
			85,16	14,55	5,85

Ce produit se présente donc comme un mélange d'hydrocarbures. Ceux-ci se montrent saturés. Les caractères généraux sont ceux d'un pétrole. Nous en poursuivons l'étude.

Mécanisme des réactions. — Quel que soit le produit final, la réaction de l'éthylène sur l'acide, en présence du catalyseur, se fait en deux stades :

1° Il se forme un complexe $SO^4Cu^2.n(C^2H^4)$, partiellement soluble dans l'acide sulfurique. Le réactif qui a absorbé l'éthylène étant *aussitôt* dilué, le complexe, stable seulement dans l'acide sulfurique concentré, se décompose; l'éthylène se dégage. C'est ainsi que 40^{cm^3} de réactif ayant absorbé 1400^{cm^3} de gaz éthylène, en a dégagé par dilution 220^{cm^3} donnant par combustion eudiométrique : contraction 2,42 (théorie 2,40); gaz carbonique 2,45 (théorie 2,40).

2° Le complexe est attaqué par l'acide, et la réaction prend alors l'une des deux voies indiquées conduisant aux éthers éthylsulfuriques ou aux hydrocarbures liquides.

Le réactif qui dégage de l'éthylène par action de l'eau, abandonné à lui-même, en dégage de moins en moins à mesure qu'il vieillit. Après quelques heures, le dégagement cesse complètement. On saisit ainsi très nettement l'existence des deux réactions superposées.

Les catalyseurs autres que les sels cuivreux conduisent aux éthers éthylsulfuriques s'ils agissent seuls; aux hydrocarbures si leur action se manifeste en présence de mercure. Leur efficacité est moindre que celle des sels cuivreux.

CHIMIE INDUSTRIELLE. — *Sur un procédé pour la production de l'alcool absolu industriel et son application à la préparation du carburant national.* Note de MM. C. Mariller et Van Ruymbeke, présentée par M. Lindet.

La préparation du carburant national à base d'alcool présente de grandes difficultés par suite de l'insolubilité de l'alcool à 95°-96° dans l'essence.

L'emploi d'alcool absolu permet au contraire de résoudre la question, cet alcool étant miscible en toutes proportions non seulement avec l'essence, mais aussi avec le pétrole, c'est-à-dire avec les carbures les plus lourds. L'un de nous, dans une Communication précédente, a exposé un procédé permettant d'incorporer directement l'alcool à l'essence en mettant à profit le coefficient de partage de l'alcool entre l'essence et l'eau.

Ce procédé toutefois nécessite une distillation d'une partie du mélange, ce qui grève sensiblement le prix de revient du carburant.

L'emploi de l'alcool absolu, jusqu'ici rendu impossible par suite du prix

élevé du produit, deviendrait au contraire la meilleure solution pour l'incorporation de l'alcool à l'essence, si le produit pouvait être livré par les distilleries à un prix égal ou très légèrement supérieur à celui de l'alcool à 96°,5.

L'emploi de déshydratants solides, tels que la chaux, le carbure de calcium, etc., permet d'obtenir de l'alcool absolu, mais, par suite du prix des matières employées, des destructions d'alcool, des frais de main-d'œuvre, des traitements à faire subir à l'hydrate formé pour régénérer le déshydratant, lorsque la chose est possible, ce qui n'est pas toujours le cas, le prix de revient de l'alcool absolu reste élevé.

En employant au contraire des déshydratants liquides, il est possible d'obtenir de l'alcool absolu à un prix de revient égal ou très légèrement supérieur au prix de l'alcool à 96°,5, c'est-à-dire au degré industriel le plus élevé que l'on puisse obtenir avec les appareils de distillation actuels. Nos travaux nous ont montré que divers corps liquides et diverses solutions salines concentrées permettent d'enrichir les vapeurs d'alcool. L'efficacité de ces substances est très variable, et c'est à la glycérine que nous avons donné la préférence, par suite de la déshydratation élevée qu'elle permet d'obtenir. Il suffit de faire passer des vapeurs d'alcool à 95° G.L. par exemple, dans une colonne de rectification traversée en sens inverse par un courant de glycérine, pour obtenir directement de l'alcool à 98°,5-99°. D'autre part, le procédé peut être appliqué directement aux vapeurs étendues, et, par exemple, à celles, généralement à 50° environ, qui se dégagent des colonnes de distillation. Alors que dans les appareils de rectification usuels, une rétrogradation de six à sept fois le coulage est nécessaire pour concentrer l'alcool jusqu'à 96°, on peut obtenir avec la glycérine directement de l'alcool à 98°,5-99°, avec une condensation de quatre à cinq fois le volume d'alcool produit.

La glycérine chargée d'eau et d'un peu d'alcool, obtenue à la base de la colonne de rectification, est régénérée par une ébullition sous la pression atmosphérique qui élimine l'alcool et une grande partie de l'eau, puis par une évaporation complémentaire sous le vide, évaporation qui doit être conduite jusqu'à obtention de glycérine anhydre.

Pour obtenir des alcools à plus de 99°, nous avons dû mettre en œuvre de la glycérine tenant en dissolution des sels déshydratants. La glycérine dissout facilement la plupart des sels et en particulier le chlorure de calcium, le carbonate de potassium, l'acétate de potassium, le chlorure de zinc, qui sont des déshydratants énergiques.

Pour incorporer à la glycérine ces divers sels qui se dissolvent très difficilement par contact direct, il y a lieu d'ajouter à la glycérine leur solu-

tion aqueuse; puis en évaporant sous le vide le mélange ainsi obtenu, on obtient des solutions parfaitement limpides.

Le carbonate de potassium donne en particulier d'excellents résultats pour la déshydratation de l'alcool.

En incorporant à la glycérine 30 pour 100 de carbonate anhydre, on obtient directement, par distillation dans les conditions précitées, de l'alcool à 99°,9.

La régénération est aussi facile que celle de la glycérine seule et doit également se terminer sous le vide.

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Ce que deviennent les hydrates de carbone quand meurent les feuilles des arbres.* Note de M. **Raoul Combes** et de Mlle **Denise Kohler**.

Nous avons montré, dans une précédente Note (1), qu'une notable partie des hydrates de carbone contenus dans les feuilles des arbres à la fin de la végétation est consommée par le phénomène respiratoire au cours du jaunissement automnal; d'autre part Michel-Durand a prouvé qu'une autre partie disparaît, entraînée par les eaux de pluie et de rosée; enfin l'un de nous (2) a antérieurement déterminé qu'une part importante reste dans les feuilles et se sépare ainsi de l'arbre lorsque tombent ces dernières.

En présence des différentes causes qui provoquent la disparition d'une partie des hydrates de carbone contenus dans les feuilles avant leur chute, il y a lieu de se demander quelle autre part de ces substances revient vers les organes vivaces, et de déterminer les proportions respectives de composés hydrocarbonés subissant les sorts divers dont il vient d'être question.

Nous avons pensé qu'il serait possible d'obtenir des données sur ces sujets en comparant la composition des feuilles au début du jaunissement, d'une part avec celle de feuilles ayant complètement jauni sur l'arbre qui les porte, et d'autre part avec celle de feuilles ayant jauni en plein air après avoir été détachées des rameaux. En effet, chez les feuilles jaunissant sur les branches, toutes les causes de diminution des substances hydrocarbonées peuvent agir : migration vers les organes vivaces, lixiviation par les précipitations atmosphériques, consommation par la respiration; par contre, dans les feuilles qui jaunissent en plein air après avoir été cueillies, la migration vers les organes vivaces ne peut naturellement plus avoir lieu, tandis que les autres facteurs interviennent encore.

(1) R. Combes et D. Kohler, *Comptes rendus*, t. 175, 1922, p. 406.

(2) R. Combes, *Association pour l'avancement des Sciences*, 1909.

Les expériences ont porté sur des feuilles de *Fagus silvatica* et d'*Æsculus Hippocastanum*. On a recherché, au début du jaunissement, sur une partie uniformément éclairée d'un même arbre, un certain nombre de feuilles au même stade du jaunissement et aussi comparables entre elles que possible; ce stade était caractérisé par l'apparition des premières taches jaunes. Un tiers des feuilles ainsi choisies a été cueilli et soumis immédiatement à l'analyse. Un autre tiers a été laissé sur l'arbre, où le jaunissement s'est produit de façon normale. Enfin le dernier tiers a été récolté en même temps que le premier, mais ces feuilles ont été laissées en plein air, près de l'arbre, le pétiole plongeant dans un peu d'eau qu'on leur a jointe au moment de l'analyse; elles ont ainsi continué à jaunir, isolées des rameaux, mais restant soumises aux mêmes conditions extérieures que celles restées sur les branches : lumière, température, pluies, rosées, etc.

Au moment où les feuilles laissées sur l'arbre furent complètement jaunes et commencèrent à tomber, on récolta en même temps, d'une part, les feuilles ayant jauni sur l'arbre et qui avaient été choisies et étiquetées au début de l'expérience, d'autre part, les feuilles ayant jauni après avoir été cueillies; ces deux récoltes ont alors été soumises chacune à l'analyse.

Dans chaque lot de feuilles on a dosé : 1° les sucres réducteurs; 2° les hydrates de carbone et glucosides non réducteurs solubles dans l'alcool (en déterminant le pouvoir réducteur de leurs produits d'hydrolyse); 3° les hydrates de carbone insolubles dans l'alcool et facilement hydrolysables (également par la détermination du pouvoir réducteur des produits d'hydrolyse).

Nous avons réuni dans le Tableau ci-dessous les résultats obtenus en opérant sur le *Fagus silvatica*. Chaque lot analysé comprenait 50 feuilles. Le premier lot : feuilles au début du jaunissement, a été récolté le 19 octobre; le deuxième : feuilles ayant jauni puis bruni sur l'arbre, l'a été le 29 octobre; le troisième : feuilles ayant jauni puis bruni à côté de l'arbre, a été cueilli le 19 octobre et abandonné au jaunissement jusqu'au 29 octobre. Les sucres réducteurs sont exprimés en milligrammes de glucose; les autres hydrates de carbone et glucosides sont représentés par les quantités, en milligrammes, de sucres réducteurs produits au cours de l'hydrolyse, ces sucres étant aussi supposés formés de glucose :

	Feuilles au début du jaunissement.	Feuilles ayant bruni	
		sur l'arbre.	à côté de l'arbre.
Sucres réducteurs	196	96	137
Hydrates de carbone et glucosides non réducteurs solubles dans l'alcool	310	136	196
Hydrates de carbone insolubles dans l'alcool et facilement hydrolysables	321	530	492

On peut conclure de ces résultats que, pour le *Fagus silvatica* :

1° Lorsque les feuilles jaunissent et meurent normalement sur les arbres, les hydrates de carbone solubles qu'elles contiennent diminuent de moitié environ au cours du jaunissement.

2° Lorsque les feuilles jaunissent et meurent après avoir été séparées des rameaux qui les portaient, les hydrates de carbone solubles diminuent également, mais d'une manière moins intense; le tiers seulement disparaît.

3° La teneur en hydrates de carbone insolubles et facilement hydrolysables augmente dans les deux catégories de feuilles. Cette augmentation doit être attribuée à l'activité des phénomènes d'hydrolyse, qui, à la fin de la vie des feuilles, transforme les polysaccharides difficilement attaquables par les acides en polysaccharides s'hydrolysant plus aisément.

Les résultats rapportés à 100g de substance sèche de feuilles amènent à des conclusions identiques. Les analyses relatives à l'*Æsculus Hippocastanum* ont donné des résultats analogues.

Nous pouvons déduire des chiffres contenus dans le Tableau ci-dessus les quantités respectives d'hydrates de carbone solubles qui disparaissent des feuilles en automne sous les diverses influences envisagées :

Hydrates de carbone existant avant le jaunissement .	196 + 310 = 506
Restant dans les feuilles lors de la chute	96 + 136 = 232
Disparaissant par respiration et lixiviation	506 — (137 + 196) = 173
Évacués des feuilles vers les tiges..................	(137 + 196) — 232 = 101

Par conséquent, lorsque les feuilles meurent en automne, les $\frac{9}{20}$ environ des hydrates de carbone solubles qu'elles contiennent (près de la moitié) tombent avec ces organes et se trouvent ainsi perdus pour l'arbre : $\frac{7}{20}$ disparaissent consommés dans le phénomène respiratoire ou entraînés par les pluies et les rosées; $\frac{4}{20}$ seulement font retour aux parties vivaces, se mettent en réserve dans la tige ou la racine, et peuvent être ultérieurement utilisés.

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Transformation d'un chromogène des fleurs jaunes de* Medicago falcata *sous l'action d'une oxydase.* Note (¹) de M. **St. Jonesco**, présentée par M. Gaston Bonnier.

Les auteurs, qui expliquent la formation de l'anthocyane par un phénomène d'oxydation, admettent que la transformation des chromogènes existant dans les tissus des plantes se produit sous l'action des oxydases. Cette manière de voir s'appuie, entre autres arguments, sur les faits suivants : MM. Keeble, Armstrong et Jones ont mis en évidence l'existence d'oxydases dans les tissus où se forment les anthocyanes. D'autre part, Miss Wheldale, en croisant des fleurs d'un blanc pur d'*Antirrhinum majus*, qui contenaient des oxydases, avec des fleurs d'un jaune ivoirin privées de telles oxydases, mais renfermant un chromogène jaunâtre, a obtenu des

(¹) Séance du 2 octobre 1922.

pieds de cette espèce à fleurs rouges Magenta, et contenant, par conséquent, un pigment anthocyanique.

Nous nous sommes proposé de rechercher si, en oxydant un chromogène d'une plante par une oxydase extraite d'une autre plante, on pourrait obtenir des pigments anthocyaniques. L'oxydase que nous avons employée a été extraite d'un champignon riche en diastases, le *Russula delica;* le chromogène soumis à l'oxydation a été extrait d'une Luzerne sauvage, le *Medicago falcata*, qui présente des phénomènes particulièrement intéressants dans la formation des pigments colorés anthocyaniques.

Nous avons préparé un extrait de jeunes fleurs jaunes et d'un jaune verdâtre de cette plante, dans l'alcool dilué qui, après avoir été agité avec du talc en poudre, a été filtré à travers une colonne de talc pour le débarrasser des pigments chlorophylliens. Le liquide obtenu par ce filtrage est clair et a une coloration d'un jaune intense.

Avant de faire agir sur ce pigment l'oxydase que nous avons préparée, nous avons fait une série de réactions, qui nous ont permis d'établir que ce pigment appartient à la classe des flavones, corps d'où dérivent les anthocyanes, et non point à la classe des tanins, substances d'ailleurs très mal définies chimiquement, et auxquelles fut attribué, injustement, le rôle de générateurs d'anthocyanes.

Dans une Note antérieure ([1]) nous avons montré que certains chromogènes donnent, par oxydation, des pigments anthocyaniques. Il nous a été objecté ([2]) que les corps sur lesquels nous avons opéré étaient des phlobatanins et les produits d'oxydation obtenus, des phlobaphènes. Les produits, que nous avons étudiés dans cette communication, présentent les mêmes caractères que ceux dont nous nous occupons dans la présente Note. Les résultats chimiques qui suivent prouvent sans conteste que les substancessur lesquelles nous avons opéré précédemment étaient bien des composés phénoliques et nullement des corps de la catégorie des tanins.

Voici les principales réactions, obtenues avec le chromogène, comparées à celles qui se produisent avec des solutions de tanins chimiquement purs.

1. Avec l'acide sulfurique concentré, la solution du chromogène de *Medicago* prend une coloration d'un rouge violet qui, au bout de quelque temps, devient brune. Si l'on ajoute de l'acide acétique pour diluer le mélange, la solution brune examinée par réflexion présente le phénomène de la fluorescence; le tanin ne présente aucun de ces caractères.

([1]) *Comptes rendus*, t. 173, 1921, p. 1006.

([2]) R. Combes, *La formation des pigments anthocyaniques* (*Comptes rendus*, t. 174, 1922, p. 240).

2. Avec la soude et la potasse le pigment prend une coloration jaune verdâtre très intense, et c'est le cas des flavones; le tanin fournit, au contraire, une coloration rouge.

3. Avec de l'eau bromée on obtient une coloration rouge violacé sans précipitation, c'est un caractère des phénols; le tanin ne donne pas cette réaction.

4. Avec l'acétate neutre de plomb, il se forme un précipité jaune verdâtre très abondant; le tanin donne un précipité blanc.

5. Avec l'iode on obtient une coloration violette caractéristique également des phénols; le tanin ne présente pas cette réaction.

6. Avec le perchlorure de fer on n'obtient pas la réaction si caractéristique que donnent les tanins.

7. Avec certains alcaloïdes (antipyrine, aspirine, sulfate de quinine) le chromogène ne produit pas de précipité, tandis que les tanins donnent un précipité blanc très abondant.

8. Avec l'aspirine le pigment donne, en présence de l'alcool, une belle coloration rose violacé; le tanin ne la donne pas.

9. Avec le bichromate de potassium le chromogène ne précipite pas; le tanin fournit un volumineux précipité brun.

10. Avec le cyanure de potassium le pigment ne présente pas la coloration rouge qui caractérise les tanins.

11. Avec le nitrate mercureux et en présence de l'acide azotique le pigment prend une coloration rouge; cette réaction est caractéristique des phénols; le tanin ne la présente pas.

Ces réactions suffisent amplement à démontrer que le pigment jaune de *Medicago falcata* ne fait pas partie de la classe des tanins, mais doit être rattaché aux phénols.

Ce pigment ainsi caractérisé a été enfin soumis aux actions réductrices ou oxydantes de quelques agents chimiques.

a. Si l'on soumet la solution du pigment à l'action de l'hydrogène naissant, pour réduire le chromogène, cette solution, loin de se colorer, se décolore complètement.

b. En faisant agir sur cette solution l'oxydase extraite de *Russula delica*, on voit immédiatement se produire une coloration qui est d'abord violacée, mais dont l'intensité va en s'accentuant très vite et finit par acquérir le ton des fleurs violettes naturelles du *Medicago falcata*.

Cette coloration se conserve quelque temps, puis s'atténue, et la solution devient d'un brun foncé. En traitant par les acides la solution devenue

violette, on obtient une coloration rouge, et en traitant par les alcalis, une couleur jaune ; caractères des anthocyanes.

Le chromogène jaune, traité par l'eau oxygénée, se comporte comme avec l'oxydase, tant comme coloration que comme intensité de couleur. Enfin, ce chromogène, agité avec de l'alcool amylique, cède une partie du pigment à l'alcool. Cet alcool amylique, chauffé avec de l'acide chlorhydrique à 20 pour 100, ne se colore pas en rouge, mais si l'on traite cet alcool par l'oxydase on obtient immédiatement la coloration violette.

Par conséquent, *c'est par oxydation et non pas par réduction que ce chromogène se transforme en pigment violet de nature anthocyanique.*

Dans nos expériencss nous avons opéré de façon à nous écarter le moins possible des conditions naturelles dans lesquelles se produisent, chez les plantes, les phénomènes que nous avons étudiés. C'est pour cela que nos recherches ont été faites sur l'extrait simplement obtenu par broyage des fleurs dans l'alcool dilué, extrait qui contient toutes les substances qui prennent part à la formation du pigment violet par voie naturelle. Nous avons renoncé à obtenir des corps à l'état pur par des traitements chimiques compliqués, car ces traitements sont susceptibles de donner des produits se rapprochant peut-être des pigments naturels, mais pouvant aussi en différer par beaucoup de propriétés.

BIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Sur la relation existant entre l'anthocyanine et les oxydases.* Note de M. Marcel Mirande, présentée par M. Guignard.

Quelques auteurs, et moi-même parmi les premiers, avons attiré l'attention sur la relation qui existe, dans les tissus végétaux, entre la présence des anthocyanines et celle des oxydases ; les observations nouvelles qui suivent mettent en lumière cette relation avec une précision particulièrement remarquable. Ces observations sont faites sur des bulbes de Lis qui, à leur état normal souterrain, n'ont pas d'anthocyanine, mais qui en produisent à la lumière et dans des assises strictement localisées, ainsi que je l'ai montré dans des Notes précédentes.

La recherche des oxydases, dans les écailles de ces bulbes, a été faite par les principales réactions microchimiques employées dans ce but et qu'il est inutile de rappeler ici.

Dans les écailles encore non pigmentées, seules les assises sous-épidermiques, qui sont celles qui se pigmenteront plus tard à la lumière, donnent les réactions oxydasiques ; il n'y a pas d'oxydase dans les cellules de la

partie charnue. Dans les écailles pigmentées, on constate également la stricte et rigoureuse localisation d'une oxydase dans ces mêmes assises sous-épidermiques, les seules ayant produit de l'anthocyanine.

L'iodure de potassium, acidulé par l'acide acétique, donne une réaction très sensible grâce à la présence habituelle d'amidon dans toutes les cellules de l'écaille; dans les seules cellules sous-épidermiques, l'amidon se colore en bleu; cette réaction est, comme l'on sait, caractéristique de la présence d'un peroxyde : sous l'influence d'une substance peroxyde contenue dans la cellule, l'iodure de potassium se décompose en KOH et en iode libre qui colore en bleu l'amidon contenu dans la cellule.

Il n'est pas rare que çà et là, dans l'assise de la portion charnue en contact avec l'assise sous-épidermique pigmentée, quelques îlots de cellules se pigmentent également; dans ce cas, ces îlots aussi sont oxydasiques. De même, ces îlots oxydasiques se constatent également dans des écailles encore non pigmentées : dans de telles écailles ces îlots sont ceux qui se pigmenteront à la lumière comme l'assise sous-épidermique elle-même.

Dans ces écailles de Lis, toutes les cellules *susceptibles* de produire de l'anthocyanine à la lumière, qu'elles en produisent ou qu'elles n'en produisent pas, et *seulement ces cellules*, contiennent de l'oxydase.

Ces écailles, placées, en tubes scellés, dans un gaz inerte, hydrogène ou azote, c'est-à-dire complètement privées d'oxygène, ne produisent pas d'anthocyanine. Dans un tel milieu, elles deviennent rapidement très blanches si, comme celles du Lis Martagon, elles sont primitivement jaunes (coloration cuticulaire), meurent par asphyxie et se conservent ensuite indéfiniment, blanches, turgescentes, et bourrées d'amidon. Des écailles, après un séjour de plus de dix-huit mois dans ces gaz, ne présentaient plus les réactions des oxydases complètes (systèmes peroxyde × peroxydase), comme la coloration bleue au gaïac, par exemple, mais accusaient toujours la présence d'une substance peroxyde dans l'assise sous-épidermique (réaction de l'iodure de potassium).

Les écailles placées dans le vide ne rougissent pas, pendant le temps où des écailles témoins prennent une intense coloration. Cette non-pigmentation n'est pas due à la mort des écailles par asphyxie; observées au microscope elles montrent, en effet, même après six jours, le mouvement protoplasmique et d'ailleurs, placées à l'air, elles rougissent rapidement.

Placées dans un appareil à vide, les écailles commencent à produire de l'anthocyanine sous une pression voisine de 20^{cm^3}.

J'ai été parmi les premiers à penser qu'un phénomène d'oxydation oxydasique intervient au cours des processus de la formation de l'anthocya-

nine. Depuis les travaux de R. Combes, que sont venus appuyer ceux de Willstätter et de ses élèves, il semble bien démontré que l'anthocyanine se forme par réduction d'une substance phénolique préalablement produite par la cellule. Ces travaux semblent bien infirmer les théories de la genèse de l'anthocyanine par oxydation d'un chromogène préformé.

Combes ne rejette pas, cependant, l'idée d'un phénomène d'oxydation accompagnant la synthèse de l'anthocyanine, mais l'action de l'oxygène, pense-t-il, serait indirecte.

Les observations qui précèdent montrent de nouveau la relation qui existe entre la pigmentation anthocyanique et les phénomènes oxydasiques, et aussi l'indispensable influence de l'oxygène dans la production de l'anthocyanine, influence déjà démontrée, par d'autres procédés, par Molliard, Katić et quelques autres physiologistes.

Peut-être est-ce au stade de la production du chromogène phénolique, que, dans le cours de la synthèse totale de l'anthocyanine, intervient l'obligatoire phénomène oxydant? J'ai constaté que, dans les écailles de Lis, ainsi qu'il arrive en maints autres cas, ce stade est sans arrêt.

MYCOLOGIE. — *Sur le rapprochement provoqué et spontané des feuillets de* Russula Queletii (*Fr.*) *Bataille et ses variétés*. Note de M. **Léon Azoulay**, présentée par M. L. Mangin.

Au cours de mes études sur la détermination instantanée de la couleur des spores, j'ai observé le fait suivant : sur un exemplaire jeune de *Russula Queletii*, dont le chapeau convexe, privé de son pied, avait 4^{cm} de diamètre et dont les feuillets présentaient un écart moyen de $0^{mm},5$ vers le milieu; en passant un pinceau fin très souple et à peine humecté d'eau entre deux lames pour en enlever les spores, les tranches de ces lames se sont immédiatement mises en contact, au fur et à mesure du passage du pinceau.

Pour éliminer l'action possible de l'eau, qui sur les Amanites phalloïde et citrine produit l'effet contraire, je fis un essai avec une bandelette de papier buvard épais de $0^{mm},1$ et $0^{mm},2$; aussitôt même rapprochement et contact si intime des tranches que j'avais de la difficulté à retirer la bandelette. Le fait s'étant reproduit plusieurs fois, il était certain et indépendant de la nature de l'excitateur.

J'ai alors analysé le phénomène. La bandelette ou le pinceau enfoncé entre deux lames, au milieu de leur longueur, ou près du pied ou du bord

du chapeau provoque un contact immédiat et localisé des arêtes en ces points. Le mouvement se propage cependant plus ou moins lentement à toute la longueur des lames, surtout quand il débute près du pied. Enfoncé jusqu'au fond du sillon interlamellaire ou jusqu'à mi-hauteur des lames, la bandelette ou le pinceau détermine le phénomène, qui est moins intense dans le deuxième cas; il se produit aussi, quand on touche le bord interne d'une lame qui alors s'incurve du côté touché.

Le phénomène se reproduit et le contact persiste indéfiniment jusqu'au moment où le champignon se dessèche ou se flétrit; alors les lames s'éversent en sens contraire d'une façon marquée.

Sur des Russules de Quélet à feuillets blancs ou jaunes, j'ai pu constater les mêmes phénomènes. Les exemplaires jeunes, à chapeau convexe ou plat, munis ou non de leur pied, exécutent le mouvement au maximum, surtout quand ils ont les lames jaunes; ceux à chapeau concave le présentent moins nettement et moins souvent.

J'ai essayé sur la Russule de Quélet, l'action de l'éther et du chloroforme. Après 20 minutes d'éthérisation sous verre, les lames expérimentalement rapprochées ne reprennent pas leur position naturelle et la bandelette ou le pinceau déterminent le rapprochement d'autres lames; donc, en cet essai, aucune influence de l'éther; il semble même que le rapprochement est plus facile.

Le chloroforme, au bout de 20 minutes, flétrit complètement le champignon en faisant exsuder de toute la surface des lames et du chapeau des quantités considérables de liquide visqueux. Je n'ai pas essayé d'autres agents.

Tous les exemplaires de Russule présentaient des lames spontanément rapprochées.

A quoi peut être dû ce phénomène provoqué ou spontané et qui, vraisemblablement, se retrouve sur d'autres champignons? On pourrait penser à une sensibilité analogue à celle de *Mimosa pudica;* les expériences faites ne semblent pas favorables à cette hypothèse qu'elles n'excluent pas absolument. On pourrait aussi penser que le pinceau et surtout la bandelette causent une effraction des tissus par laquelle s'échappe une infime quantité de suc; cette déplétion, si minime soit-elle, suffirait pour rompre l'équilibre de turgescence des deux faces de la même lame, de sorte que celle-ci s'infléchirait du côté lésé; cette explication est la plus rationnelle et pourrait s'appliquer à d'autres phénomènes de mouvement observés chez les végétaux.

L'examen microscopique de la structure des faces touchée et non touchée

de la même lame résoudrait peut-être la question. D'autres hypothèses sont possibles, mais il faut exclure celle d'un accolement des lames par du suc visqueux ou non; car on n'en voit ni sur la bandelette de papier, ni dans l'intervalle des lames; en second lieu, quand on écarte celles-ci, on voit qu'elles sont nettement infléchies et qu'elles reprennent leur contact comme poussées par un ressort. Quant au rapprochement spontané des lames, il est dû, sans doute, à quelque insecte.

PARASITOLOGIE. — *Cycle évolutif d'un Trématode Holostomide* (Strigea tarda *Steenst.*). Note de M. **P. Mathias**, présentée par M. F. Mesnil.

Dans le foie de la plupart des *Limnæa stagnalis* L. des étangs de Meudon (Villebon, Trivaux, Mare de la patte d'oie), on trouve divers trématodes (*Cercaria armata* Sieb., *C. echinata* Sieb., *C. spinifera* La Val., etc.) et en particulier d'une part des cercaires à queue bifurquée (*C. ocellata* La Val., *C. spec.*) et d'autre part des *Tetracotyle typica* Dies., libres et mobiles, ou enkystés.

J'ai repris les expériences d'Ercolani (1881) pour obtenir l'adulte de ce Tétracotyle [1], en faisant absorber à de jeunes canetons sains des foies de *L. stagnalis* L. contenant des kystes. La transformation du Tétracotyle en adulte, sur les détails de laquelle je reviendrai ailleurs, s'effectue comme Ercolani l'a indiqué. Ce trématode fut nommé à tort *Holostomum erraticum* Rud. par Ercolani; il semble correspondre à *Hol. excisum* Linst. décrit par Rosseter [2] comme résultant du développement du kyste de *T. typica* Dies. Je le considère comme identique à *Strigea tarda* Steen.

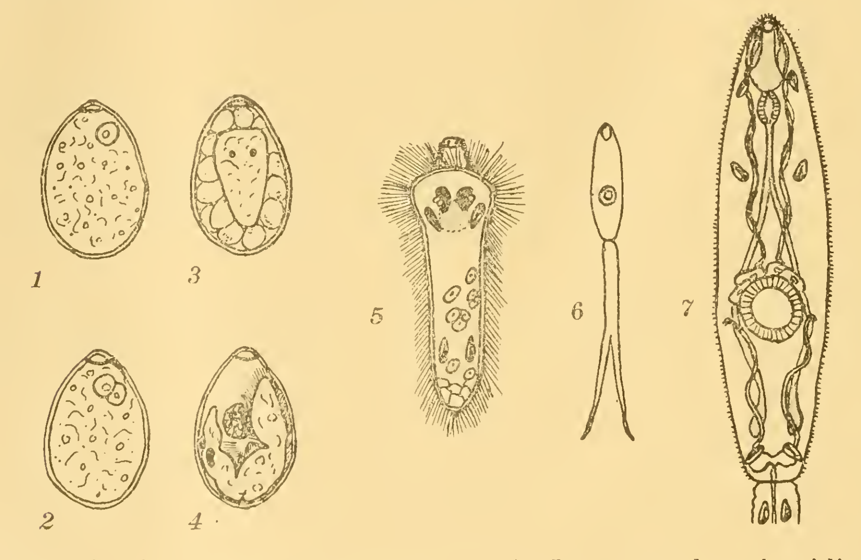
Œuf et Miracidium. — Les premiers œufs de *Strigea* s'observent dans les excréments du canard 3 jours et demi après l'infestation. Lors de la première ponte, l'utérus renferme 4 à 5 œufs; après 7 jours il y en a jusqu'à 10. Ces œufs sont ovales (*fig.* 1) avec un opercule du côté du petit pôle et mesurent $0^{mm},09$ de long sur $0^{mm},08$ de large. Leur coque épaisse est jaune et assez opaque. L'oocyte est situé près de l'opercule. Les œufs, isolés en tamisant les excréments, abandonnés dans de l'eau pure, se développent. A 20° on a le stade 2 (*fig.* 2) après 24 heures, les stades 3 et 4

(1) Par des expériences analogues, Brandes (1890) obtient dans *Otus vulgaris* la transformation de *T. colubri* en *Diplostomum spathulæforme;* Faust (1921) obtient dans le canard celle de *T. orientalis* en *Cyathocotyle orientalis.*

(2) *Journ. of the Queckett Micr. Club*, vol., 10, 1907.

après 48 heures, 5 et 6 après 4 jours, etc. (*fig.* 3, 4). La durée du développement varie avec la température. Les premières éclosions de miracidia se produisent au bout de 20 jours à 20° et de 8 jours à 27°. Les cellules vitellogènes sont toutes digérées; à l'éclosion il ne reste dans l'œuf qu'une petite masse granuleuse de déchets.

Le miracidium est allongé (*fig.* 5), sa partie postérieure arrondie; sa partie antérieure, élargie en plateau, possède en son centre une papille exsertile. Il possède deux yeux distants l'un de l'autre, réniformes, formés par une cupule pigmentée noire coiffant un cristallin composé de deux parties inégales juxtaposées. Ces yeux sont bien visibles avant la sortie de



l'embryon dès le quatorzième jour (à 20°). Le corps du miracidium, à l'exception d'une surface rectangulaire comprenant les yeux, est revêtu partout de longs cils vibratils. La papille antérieure est couverte de cils immobiles, très courts, qui ont peut-être un rôle sensoriel. Il y a deux paires de flammes vibratiles situées comme l'indique la figure 5. A l'intérieur on distingue des cellules isolées et des amas cellulaires qui semblent être la première indication de germes dans le futur sporocyste; près des yeux se trouve un ganglion nerveux. Sur l'extrémité du mufle, débouchent les orifices de deux glandes. L'imprégnation à l'AzO^3Ag ammoniacal montre que l'ectoderme est formé d'un petit nombre (21 ?) de grandes cellules.

Infestation de *L. stagnalis* L. — De jeunes *L. stagnalis*, élevées à partir de pontes et nourries avec de la salade cuite, furent mises dans des cristallisoires au contact d'œufs prêts à éclore. Les ayant sacrifiées au bout de deux mois, je constatai que deux d'entre elles avaient leur foie rempli de

sporocystes bourrés de cercaires à queue bifurquée identiques à l'une des deux formes que j'avais rencontrées dans les *L. stagnalis* L. de Meudon. Cette cercaire, désignée plus haut comme *C.* spec. et non identifiée jusqu'ici, appartient donc au cycle de *Strigea tarda* Steen.

Les sporocystes filiformes atteignent 20^{mm} de long et donnent au foie un aspect spécial. La cercaire (*fig.* 6, 7) a une queue plus longue que le corps, bifurquée à la moitié de sa longueur. Le corps est épineux, la ventouse antérieure terminale, la ventouse ventrale placée en arrière du milieu du corps. Le pharynx est fort, l'œsophage long, l'intestin bifurqué; ses deux branches très longues atteignent presque l'extrémité postérieure du corps. De part et d'autre de la ventouse ventrale, accolées à son bord supérieur, on observe des cellules glandulaires (2? de chaque côté) d'où partent des canaux enroulés sur eux-mêmes, débouchant sur le bord de la ventouse antérieure. La vésicule excrétrice, située à la partie inférieure du corps, donne de chaque côté vers l'avant un canal; on distingue quatre paires de flammes vibratiles très nettes situées comme l'indique la figure 7 et peut-être une cinquième paire au niveau de la ventouse ventrale. Cette cercaire rappelle *C. gracilis* La Val., mais elle en diffère par la présence de glandes près de la ventouse ventrale et par la grandeur (10^{mm} à 20^{mm}) de ses sporocystes (*C. gracilis* 2^{mm} à 4^{mm}).

Obtention des Tétracotyles mobiles. — Une *L. stagnalis* L. infestée par des cercaires mûres, mise dans un vase au soleil ou à l'étuve à 26°, laisse bientôt échapper dans le liquide ambiant des cercaires. Si l'on met, quelques heures, dans cette eau, des *L. stagnalis* indemnes provenant d'élevages, on constate en les retirant que de nombreuses cercaires ont pénétré à leur intérieur après avoir perdu leur queue tombée au fond du vase. Les cercaires gagnent peu à peu le foie; leurs organes internes deviennent invisibles, leur corps s'élargit beaucoup en prenant un aspect réticulé transparent, les ventouses étant à peine reconnaissables. Ces organismes sont semblables aux Tétracotyles mobiles des limnées de Meudon. La transformation de la cercaire demande environ 12 jours. Toutes les *L. stagnalis* L., vivant avec les deux limnées contaminées dont il a été question plus haut, renfermèrent en abondance des Tétracotyles mobiles.

Le cycle de *Strigea tarda* Steen., dont j'ai pu reconstituer les diverses étapes, peut donc se résumer ainsi : L'œuf pondu dans l'eau donne un miracidium biocuIé qui pénètre dans *Limnea stagnalis* L. où il se transforme en sporocyste qui produit des cercaires à queue bifurquée [1]. Celles-ci, à

---

[1] Lutz (*Cent. Bakt.*, 1921) avait soupçonné que la cercaire de *T. typica* était une forme à queue bifurquée.

l'état adulte, sortent pour pénétrer dans une autre limnée en perdant leur queue. Là elles se transforment en Tétracotyle mobile, puis en T. enkysté. Cette limnée étant avalée par un oiseau tel que le canard, les kystes évoluent en *Strigea tarda* Steen. qui pond au bout de 3 jours et demi et le cycle recommence.

Je compte reprendre en détail les différentes parties de ce cycle.

MICROBIOLOGIE. — *Sur un spirochète trouvé dans le sang de cas de fièvre bilieuse hémoglobinurique et son action pathogène.* Note de MM. **M. Blanchard** et **G. Lefrou**, présentée par M. F. Mesnil.

La fièvre bilieuse hémoglobinurique s'observe dans de nombreuses contrées chaudes du globe, où sévit également le paludisme; mais son aire de dispersion est beaucoup moindre. Aussi, à la thèse qui en fait une complication du paludisme, a-t-on opposé depuis longtemps la thèse de la spécificité morbide. Mais le parasite spécifique restait à trouver. Les constatations récentes de Schüffner [1], de Noc et Esquier [2], l'action thérapeutique du cyanure de mercure (Muñoz, Pelletier et Quemener) ont orienté les recherches du côté des spirochètes.

Ayant eu l'occasion, à l'Institut Pasteur de Brazzaville, d'appliquer avec succès la méthode de la triple centrifugation, décrite par G. Martin, Lebœuf et Roubaud, à la recherche des spirochètes du sang dans l'ictère infectieux épidémique et la fièvre récurrente à tiques, nous avons pensé à procéder de même avec le sang d'un premier cas de fièvre bilieuse hémoglobinurique, diagnostiqué cliniquement par les Drs P. Vassal et Guédon à l'hôpital colonial de Brazzaville.

Les seuls parasites trouvés ont été des spirochètes que nous avons observés dans les étalements, colorés au Leishman ou au Fontana-Tribondeau, du culot de la troisième centrifugation de 10$^{cm^3}$ de sang retirés au 4e jour de la maladie. La première coloration a mis en évidence des fila-

---

(1) Schüffner (*Mededeel. Burgerl. Geneesk. Dienst in Nederl. Indië*, 1918, f. 7) signale des spirochètes dans le sang d'un cas d'ictère contagieux, aberrant, car il présentait plutôt les allures de la fièvre bilieuse hémoglobinurique.

(2) Noc et Esquier (*in* Noc, *Bull. Soc. Path. exot.*, 1920, p. 692) ont fait la trouvaille *post mortem* de spirochètes dans les frottis de foie d'un Européen mort de bilieuse hémoglobinurique à Dakar.

ments de 6^{μ} à 9^{μ} de long sur $0^{\mu},1$ à $0^{\mu},2$ de large, avec trois ou quatre ondulations; certains spécimens ont présenté une série de nodosités qui peuvent faire penser à l'existence de spires très fines.

Ce spirochète est inoculable au cobaye, qui succombe presque toujours à l'infection. Nous avons pu infecter cet animal non seulement avec le culot de centrifugation du sang prélevé au 4ᵉ jour, mais encore avec celui du 8ᵉ jour chez lequel l'examen microscopique avait été négatif. Avec l'urine, nous n'avons eu que des résultats négatifs.

Par inoculation intrapéritonéale, la maladie a duré chez le cobaye, en série, 48 heures en moyenne et par voie sous-cutanée de 3 a 19 jours. Dans les deux catégories de cas, la maladie expérimentale du cobaye s'est traduite par des lésions hémorragiques qui ne se sont manifestées qu'au troisième passage. L'hématurie, symptôme le plus constant, a été constatée pendant la vie par légère pression sur la vessie à travers la paroi abdominale. Aucun cobaye n'a présenté d'ictère. Les spirochètes ont été vus dans le sang prélevé à l'oreille de l'animal vivant de 1 à 7 jours après l'inoculation (la durée de la période d'incubation n'a pu être fixée d'une façon précise).

A l'autopsie, les lésions les plus constantes et les plus caractéristiques ont été les hémorragies intrapéritonéales et surtout la présence de sang en abondance dans l'urine; les reins étaient congestionnés avec caillots dans les bassinets; les poumons étaient souvent hypérémiés avec taches hémorragiques plus ou moins disséminées; parfois, il y avait dégénérescence graisseuse du foie; la muqueuse gastrique était intacte. Les spirochètes ont toujours été décelés dans le sang du cœur et dans le foie; nous les avons vus une fois dans le poumon. Ils avaient les mêmes caractères que chez l'homme.

Dans un second cas de fièvre bilieuse hémoglobinurique, nous avons pu observer des spirochètes, plus rares que dans le cas précédent, dans le culot de troisième centrifugation de 10^{cm^3} de sang prélevé au quatrième jour de la maladie. Ce culot a été inoculé à deux cobayes et un mandrill; chez aucun, il n'a pu être décelé de spirochètes, bien que le mandrill ait présenté une courbe de température à forme ondulante.

Il faut remarquer que, chez les deux malades, il y a eu spirochétémie sans spirochéturie. Chez les cobayes infectés, il n'y a jamais eu ictère (*contra :* les infections avec les spirochètes ictéro-hémorragique et amaryllique); le symptôme cardinal a été l'hémoglobinurie constatée sur le vivant et à l'autopsie; le fait qu'il n'y a pas hématurie, comme chez l'homme, tient peut-être à des propriétés de l'urine du cobaye; mais, chez le cobaye

comme chez l'homme, le processus hémorragique prédomine et les lésions anatomo-pathologiques sont superposables.

D'après les caractères observés, il nous paraît que le spirochète en question est différent de tous ceux déjà étudiés, même de celui que Schüffner a appelé *Sp. ictero-hemoglobinuriæ*, rappelant ainsi l'association d'ictère et d'hémoglobinurie chez son malade. Nous l'appellerons *Sp. bilio-hemoglobinuriæ*.

Quel est son rôle dans la fièvre bilieuse hémoglobinurique? Nous sommes enclins à le regarder comme l'agent des cas examinés. En plus des faits déjà consignés, nous noterons que le sérum du premier malade a manifesté un pouvoir protecteur vis-à-vis de l'infection du cobaye par le spirochète isolé de ce malade : alors que les témoins (l'un d'eux a reçu 1^{cm^3} de sérum d'Européen normal) succombaient en 5 ou 6 jours avec hématurie et spirochétémie, le cobaye, qui avait reçu sous la peau 1^{cm^3} de sérum du malade convalescent, immédiatement après l'inoculation péritonéale du virus, n'a jamais présenté aucun signe de spirochétose (mort au onzième jour de cause inconnue).

Quoi qu'il en soit, nous ne songeons nullement à regarder le spirochète décrit comme le seul agent capable de produire le symptome bilio-hémoglobinurique chez l'homme. Nous venons nous-mêmes d'observer un troisième cas chez lequel sa recherche a été négative. Mais alors que les deux premiers cas avaient apparu dans une région marécageuse, ce dernier a évolué à Brazzaville même. Et nous nous demandons si la bilieuse à spirochètes ne serait pas liée à certaines conditions de terrain, sur lesquelles P. Manson, puis Gouzien, ont depuis longtemps attiré l'attention. A cet égard, il est intéressant de constater que son étiologie se rapprocherait de celle de la spirochétose ictéro-hémorragique ou de l'ictère infectieux épidémique (peut-être identique) que nous venons d'étudier chez l'indigène avec le Dr Laigret.

De nouvelles recherches, que nous sollicitons de nos collègues mieux placés que nous au point de vue de la fréquence des cas de bilieuse hémoglobinurique, montreront si notre manière de voir est fondée.

La séance est levée à 16 heures et quart.

A. Lx.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 16 OCTOBRE 1922.

PRÉSIDENCE DE M. Albin HALLER.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. **Haller**, en annonçant à l'Académie la mort de M. **Barbier**, s'exprime en ces termes :

J'ai le vif regret de faire part à l'Académie du décès de M. **François-Philippe-Antoine Barbier**, Correspondant pour la Section de Chimie, à Bandol-sur-Mer, le 18 septembre dernier, à l'âge de 75 ans.

Ancien élève de Marcelin Berthelot, M. Barbier a débuté dans la science en 1872, par des recherches sur les composés terpéniques et en particulier sur la transformation de l'essence de térébenthine en cymène. Abandonnant ce sujet pour y revenir plus tard, notre confrère consacra plusieurs années à l'étude des carbures pyrogénés dont les résultats, très importants, firent l'objet de sa Thèse de doctorat ès sciences.

Après avoir fait, en collaboration avec M. L. Vignon, une étude sur la phénosafranine et les safranines substituées, M. Barbier, soit seul, soit avec ses élèves, revient sur le chapitre des composés terpéniques et en particulier sur les alcools, les aldéhydes, les cétones et les acides se rattachant à la série terpénique acyclique. Il étudie successivement, à cet effet, les essences de menthe pouliot et de licari kanali dont il extrait et caractérise les principaux composants, notamment la pulégone et le linalool.

Avec Bouveault, il montre plus tard que l'essence de géranium contient un rhodinol et un géraniol identiques à ceux qui se trouvent dans l'essence de roses, et que l'essence de lemon grass renferme trois aldéhydes dont l'une se confond avec le citral de l'essence de citrons. Cet ensemble de découvertes, d'ordre analytique, fut corroboré par des recherches synthétiques qui ont amené Barbier et Bouveault à reproduire artificiellement un

certain nombre de ces parfums et à en fixer, d'une façon définitive, la constitution.

Nombreuses et variées sont les expériences que M. Barbier et ses collaborateurs ont encore faites dans cet ordre d'idées, et souvent inattendus et très suggestifs sont les résultats qu'ils ont obtenus.

Au cours de ces études, M. Barbier a substitué, pour certaine synthèse, le magnésium au zinc, et l'on sait, par les très belles recherches de son élève, M. Grignard, combien féconde a été l'application, dans nos laboratoires, de cette modification apportée à la méthode de Saytzeff, et l'impulsion nouvelle que la découverte des organomagnésiens, faite par notre jeune confrère, a donnée à la Chimie organique.

Si captivantes qu'aient été les études de Chimie organique auxquelles M. Barbier a attaché son nom, elles n'ont pu suffire à son activité et à sa curiosité scientifique.

Nous devons mentionner une intéressante série de travaux d'analyse minérale et de minéralogie dans ces dernières années, notamment sur la séparation de l'alumine et de l'oxyde ferrique, sur les caractères et la composition de certaines orthoses, hornblendes, etc.

Ces recherches montrent toute la souplesse d'esprit de notre regretté confrère et toute l'étendue de son érudition. La Chimie française perd en M. Barbier un chercheur plein d'originalité, un chef d'école très apprécié, et l'Université de Lyon, un maître qui lui faisait grand honneur.

ASTRONOMIE. — *Sur le calcul d'une intégrale double qui se présente dans la théorie de la diffraction des images solaires par une fente rectangulaire.* Note de M. **Maurice Hamy.**

En poursuivant mes recherches sur la diffraction de l'image du Soleil, observée au foyer d'une lunette diaphragmée par une fente, dans le cas général où l'on fait intervenir la variation d'éclat du centre au bord de l'astre, j'ai rencontré l'intégrale suivante, dont il s'agit d'obtenir la valeur numérique, avec une erreur relative de l'ordre de 0,0001 :

$$\int_c \frac{(1-u^2)^{\sigma-\frac{1}{2}}}{(u-\alpha)^2}\cos 2m(u-\alpha)\,du \int_\gamma \frac{\cos 2nz\sqrt{1-u^2}}{z^2}(1-z^2)^\sigma\,dz.$$

Dans cette expression, σ est entier positif, montant à quelques unités; m et n deux nombres très élevés; α un nombre positif. Le contour d'in-

tégration fermé c contient d'ailleurs les points $u = \pm 1$ et le point $u = \alpha$; le contour d'intégration γ est la demi-circonférence de rayon 1 correspondant aux ordonnées positives.

Après avoir remplacé les lignes trigonométriques par des exponentielles imaginaires, ce qui ramène la question au calcul d'intégrales portant sur des facteurs élevés à de hautes puissances, la première idée qui vient à l'esprit est de chercher à intégrer successivement par rapport aux variables u et z, en appliquant les théories développées dans mon second Mémoire sur l'approximation des fonctions de grands nombres (¹). Il arrive que l'on se heurte alors à des difficultés insurmontables. Pour s'en affranchir, il est essentiel de transformer les intégrales de façon que les éléments différentiels ne dépendent plus chacun que d'un facteur unique élevé à une haute puissance et *fonction d'une seule des variables d'intégration*. Je suis parvenu à satisfaire à cette condition par un changement de variable que je me propose d'indiquer dans la présente Communication.

Posant

$$\theta = \frac{n}{m},$$

$$t = u - \alpha + \theta z \sqrt{1 - u^2},$$

on remplace la variable u par la variable t, en conservant la variable z. On démontre, par des considérations longues et délicates, que l'on peut prendre comme contour d'intégration de la variable t, un contour fermé G, dont la forme et la position, dans le plan, sont indépendantes de la situation de la variable z sur le chemin γ. Ce contour jouit d'ailleurs de la propriété de renfermer les racines de l'équation

$$P = 1 + \theta^2 z^2 - (\alpha + t)^2 = 0$$

qui sont des points singuliers du nouvel élément différentiel.

Voici alors comment se présente le problème, pour l'une des quatre intégrales à évaluer après la transformation (les autres donnent lieu à des calculs analogues). On est ramené au calcul de

$$J = \int_G E^{i2mt}\, dt \int_\gamma \frac{(1 - z^2)^\sigma}{z^2} \frac{dz}{\sqrt{P}} \left[\frac{\theta z (t + \alpha) + \sqrt{P}}{1 + \theta^2 z^2} \right]^{2\sigma} \left[\frac{t - \theta^2 z^2 \alpha + \theta z \sqrt{P}}{t^2 + \theta^2 z^2 (\alpha^2 - 1)} \right]^2.$$

L'intégrale $\int_\gamma$ est une fonction de t, dont on peut avoir l'expression expli-

(¹) *Mémoires de l'Académie des Sciences*, t. 57, 1922.

cite, en termes finis, l'élément différentiel, considéré comme fonction de z, étant intégrable. On se trouve alors ramené, pour obtenir la valeur asymptotique de l'intégrale $\int_G$, à une question rentrant dans la catégorie de celles qui peuvent se traiter, en partant de mon Mémoire déjà cité.

La solution du problème posé fournit un exemple d'une intégrale double, dépendant de facteurs élevés à de hautes puissances, dont l'expression asymptotique peut se déterminer en ramenant la question au calcul d'une intégrale simple ayant, dans son élément différentiel, un facteur affecté d'un grand exposant. L'intégrale double, exprimant les coefficients des termes éloignés de la fonction perturbatrice, sommairement étudiée par H. Poincaré, se rattache, par certains côtés, au même sujet.

M. G. Bigourdan fait hommage à l'Académie d'une brochure intitulée : *Un Institut d'Optique à Paris au* XVIIIe *siècle*.

NOMINATIONS.

M. le Ministre de l'hygiène, de l'assistance et de la prévoyance sociales et M. le Garde des Sceaux invitent l'Académie à se faire représenter dans le *Comité de la célébration du Centenaire de Pasteur*, institué en application de la loi du 13 juillet 1922.

M. A. Lacroix est désigné pour représenter l'Académie.

CORRESPONDANCE.

MM. F. Arago et Louis Gentil prient l'Académie de vouloir bien les compter au nombre des candidats à la place vacante, dans la Section de Géographie et Navigation, par le décès de M. *L. Favé*.

M. A. Chauffard prie l'Académie de vouloir bien le compter au nombre des candidats à la place vacante, dans la Section de Médecine et Chirurgie, par le décès de M. *A. Laveran*.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

Le déterminisme et l'adaptation morphologiques en biologie animale, 1re Partie; par R. Anthony. (Présenté par M. E. Bouvier.)

MÉCANIQUE RATIONNELLE. — *Des lignes d'inertie sur une surface.* Note (1) de M. **An. Bilimovitch**, présentée par M. Appell.

Le rôle essentiel dans le problème du roulement d'un corps solide, limité par la surface S, sur une autre surface est joué par les moments d'inertie du corps par rapport aux axes tangents à la surface. Cela nous amène à l'étude de la distribution, aux points de la surface donnée, des moments d'inertie du solide donné par rapport aux droites du plan tangent de cette surface.

On peut déterminer un corps solide dans un sens dynamique par les quantités suivantes : par la masse M, par les coordonnées x_c, y_c, z_c du centre d'inertie du corps par rapport au trièdre $Oxyz$, par les principaux et centraux moments d'inertie $\mathcal{A}$, $\mathcal{B}$, $\mathcal{C}$ et par les cosinus ξ_1, ξ_2, ξ_3; η_1, ..., ζ_3 des angles que font les axes du trièdre principal et central $\Omega\xi\eta\zeta$ avec les axes du trièdre $Oxyz$. En supposant $\mathcal{A} \leqq \mathcal{B} \leqq \mathcal{C}$, les quantités susdites remplissent les conditions suivantes :

$$(1) \qquad M > 0; \qquad \mathcal{A} \geqq 0, \qquad \mathcal{B} \geqq 0, \qquad \mathcal{C} \geqq 0; \qquad \mathcal{A} + \mathcal{B} \geqq \mathcal{C}.$$

Si les conditions (1) ne sont pas remplies, les raisonnements suivants conservant leur sens géométrique perdent leurs applications mécaniques.

Soient donnés la surface par les équations

$$x = f_1(u, v), \qquad y = f_2(u, v), \qquad z = f_3(u, v)$$

et le carré d'élément par la formule

$$ds^2 = E\,du^2 + 2F\,du\,dv + G\,dv^2;$$

en outre nous désignons par $\Delta = \sqrt{EG - F^2}$ et par ω l'angle des lignes de coordonnées de manière que $F = \sqrt{EG}\cos\omega$, $\Delta = \sqrt{EG}\sin\omega$.

En désignant par α l'angle que fait la direction t par rapport à laquelle

(1) Séance du 2 octobre 1922.

nous déterminons le moment d'inertie dans le plan tangent du plan $\mathfrak{P}$ de la surface avec la ligne de coordonnées $v =$ const., nous avons pour ce moment d'inertie l'expression suivante :

$$\mathfrak{J}_t = \mathcal{K} \sin^2(\omega - \alpha) + 2\mathcal{H} \sin\alpha \sin(\omega - \alpha) + \mathcal{L} \sin^2\alpha,$$

où

$$\mathcal{K} = \frac{1}{\Delta^2} G \left[\mathcal{A}_{\mathfrak{p}} \left(\frac{\partial x}{\partial u}\right)^2 + \mathcal{B}_{\mathfrak{p}} \left(\frac{\partial y}{\partial u}\right)^2 + \mathcal{C}_{\mathfrak{p}} \left(\frac{\partial z}{\partial u}\right)^2 - 2\mathcal{D}_{\mathfrak{p}} \frac{\partial y}{\partial u} \frac{\partial z}{\partial u} - 2\mathcal{E}_{\mathfrak{p}} \frac{\partial z}{\partial u} \frac{\partial x}{\partial u} - 2\mathcal{F}_{\mathfrak{p}} \frac{\partial x}{\partial u} \frac{\partial y}{\partial u} \right],$$

$$\mathcal{H} = \frac{1}{\Delta^2} \sqrt{EG} \left[\mathcal{A}_{\mathfrak{p}} \frac{\partial x}{\partial u} \frac{\partial x}{\partial v} + \ldots + \mathcal{D}_{\mathfrak{p}} \left(\frac{\partial y}{\partial u} \frac{\partial z}{\partial v} + \frac{\partial y}{\partial v} \frac{\partial z}{\partial u} \right) - \ldots \right],$$

$$\mathcal{L} = \frac{1}{\Delta^2} E \left[\mathcal{A}_{\mathfrak{p}} \left(\frac{\partial x}{\partial v}\right)^2 + \ldots - 2\mathcal{D}_{\mathfrak{p}} \frac{\partial y}{\partial v} \frac{\partial z}{\partial v} - \ldots \right],$$

d'ailleurs par $\mathcal{A}_{\mathfrak{p}}, \mathcal{B}_{\mathfrak{p}}, \ldots, \mathcal{F}_{\mathfrak{p}}$ nous avons désigné des fonctions bien déterminées, qu'il n'est pas difficile d'écrire en détail, des variables u, v et des paramètres M, x_c, y_c, z_c, $\mathcal{A}$, $\mathcal{B}$, $\mathcal{C}$, ξ_1, ξ_2, ..., ζ_3. Dans le cas de la coïncidence des trièdres $Oxyz$ et $\Omega\xi\eta\zeta$, les expressions susdites subissent des simplifications considérables.

La variation du moment d'inertie $\mathfrak{J}_t$ dans le plan tangent de la surface est caractérisé par un lieu géométrique des extrémités des rayons vecteurs de la longueur inverse proportionnelle à la racine carrée de la grandeur du moment d'inertie. Nommons ce lieu géométrique *l'indicatrice d'inertie* du point $\mathfrak{P}$ de la surface. Quand les conditions (1) sont remplies, c'est-à-dire dans le cas des masses effectives, elle consiste dans l'ellipse d'intersection de l'ellipsoïde d'inertie du point $\mathfrak{P}$ avec le plan tangent. L'équation de l'indicatrice d'inertie a la forme $\mathcal{K}\lambda^2 + 2\mathcal{H}\lambda\mu + \mathcal{L}\mu^2 = 1$, où λ et μ sont les coordonnées courantes.

L'indicatrice d'inertie présente la même ressource pour l'étude de la distribution, sur la surface, des moments d'inertie par rapport aux droites tangentes à la surface, que l'indicatrice de Dupin pour l'analyse ordinaire des lignes sur la surface.

Quand est donnée sur la surface S la famille des courbes par une relation différentielle $M_1 du + N_1 dv = 0$, alors l'équation différentielle *des lignes conjuguées d'inertie* a la forme suivante :

$$(\sqrt{E} N_1 \mathcal{K} - \sqrt{G} M_1 \mathcal{H}) \sqrt{E}\, du + (\sqrt{E} N_1 \mathcal{H} - \sqrt{G} M_1 \mathcal{L}) \sqrt{G}\, dv = 0.$$

Les courbes orthogonales conjuguées d'inertie, nous les appellerons *les lignes principales d'inertie* sur la surface S par rapport au corps donné.

L'équation différentielle du système des lignes principales d'inertie sur la surface a la forme suivante :

$$(2)\quad \mathrm{E}\varphi\, du^2 + 2\sqrt{\mathrm{EG}}\,(\varphi\cos\omega - \psi\sin\omega)\,du\,dv + \mathrm{G}(\varphi\cos 2\omega - \psi\sin 2\omega)\,dv^2 = 0,$$

où

$$\varphi = 2\mathcal{K}\sin\omega - \mathcal{H}\sin 2\omega, \qquad \psi = 2\mathcal{K}\cos\omega - \mathcal{H}\cos 2\omega - \mathcal{L},$$

et par cela, dans le cas d'orthogonalité des lignes de coordonnées, nous avons

$$\mathrm{E}\mathcal{K}\,du^2 - (\mathcal{H} - \mathcal{L})\sqrt{\mathrm{EG}}\,du\,dv - \mathrm{G}\mathcal{K}\,dv^2 = 0.$$

Quand les lignes principales d'inertie coïncident avec les lignes de coordonnées ($\mathrm{F} = 0$, $\mathcal{K} = 0$), le moment d'inertie $\mathfrak{I}_t$ est défini par l'égalité

$$\mathfrak{I}_t = \mathcal{H}\cos^2\alpha + \mathcal{L}\sin^2\alpha.$$

Cette expression est étroitement liée avec la force vive du corps roulant sur la surface et par cela joue un rôle essentiel dans le problème de ce mouvement : du nombre 5 des coordonnées de Neumann, qui déterminent la position du corps solide, limité par la surface S, par rapport à une surface immobile S_1, on peut choisir deux coordonnées U et V de telle manière que deux lignes V = const. et U = const. présentent les lignes principales d'inertie sur la surface S.

L'intégration de l'équation (2) dans le cas général présente les grandes difficultés habituelles, et ce n'est que dans les cas les plus simples que la résolution du problème a la forme élémentaire; ainsi, les lignes principales d'inertie sur le plan parallèle à l'axe d'un ellipsoïde de rotation d'inertie sont les ellipses et les hyperboles homofocales; quand la surface S est une surface homofocale avec l'ellipsoïde central de giration (Mac Cullagh) du corps donné, les lignes principales d'inertie coïncident avec les lignes de courbure sur la surface du second ordre.

Les détails du calcul et les autres cas d'intégration de l'équation différentielle du système des lignes principales d'inertie seront le sujet d'un article spécial.

OCÉANOGRAPHIE. — *Sur l'hydrologie de l'Atlantique Nord.* Note de M. **Ed. Le Danois**, présentée par M. Joubin.

Nature des eaux atlantiques. — L'ensemble des eaux atlantiques doit être divisé en deux groupes :

1° Des eaux à salure moindre que 35,5 pour 1000; à ce groupe appartiennent les eaux arctiques, les eaux continentales et les eaux de profondeur. Leur ensemble forme la vaste cuvette qui s'étend sur le fond et les bords de l'Océan; leur continuité est nettement établie dans la région polaire.

2° Des eaux à salure plus élevée que 35,5 pour 1000; ce sont les eaux atlantiques proprement dites : elles règnent dans la région équatoriale et au large des côtes dans l'Atlantique Nord. Elles sont essentiellement superficielles, atteignent au maximum une épaisseur de 600^m sous l'Équateur, et sont fort mobiles malgré leur haute salure.

Mouvements généraux des eaux atlantiques. — Ces mouvements sont de l'ordre des phénomènes cosmiques et dépendent — exception faite des mouvements de marée — de la rotation de la Terre. Cette force a un double effet :

1° Sur les eaux peu salées de la région arctique; la rotation de la Terre, ayant produit le mouvement circumpolaire de la banquise (courant de la Jeannette), applique étroitement contre la côte américaine les glaces qui sortent entre le Spitzberg et le Groënland, en dedans d'une ligne Spitzberg-Jan Mayen-Islande. Ce mouvement est continué vers le Sud sous forme d'une dérive d'icebergs, puis sous forme d'un courant froid et peu salé, le *courant de Labrador*. Ce courant contourne le banc de Terre-Neuve en formant le « cold wall » et glisse ensuite vers les profondeurs.

2° Sur les eaux salées atlantiques, la même force provoque le *courant équatorial* qui se heurte au continent américain dans la région du golfe du Mexique, y pénètre partiellement et forme un courant de retour, nommé *Gulf-Stream. C'est à ce retour de courant que doit être strictement limité le Gulf-Stream.*

Mouvements saisonniers des eaux atlantiques. — Les deux groupes d'eaux subissent chacun un phénomène d'extension saisonnière :

1° Le mouvement *d'extension hivernale*, dû à l'extension de la banquise, à l'apport de ses eaux de fusion et aux cours des grands fleuves. Ce phénomène est surtout sensible de novembre à mai. Cette extension se manifeste sur le plateau continental par le phénomène que nous avons décrit sous le nom de *stabilisation hivernale*, caractérisée par une isothermie verticale.

2° Le mouvement de *transgression estivale;* de juin à novembre les eaux équatoriales subissent un phénomène de dilatation important qui les fait empiéter sur les eaux arctiques et continentales. Ce mouvement est marqué dès juin dans le golfe de Gascogne; en juillet sur le banc de Terre-Neuve;

en août au sud de l'Irlande; en septembre en mer du Nord par le chenal Feroë-Shetland. L'absence de glaces sur la côte orientale de l'Atlantique permet à l'eau équatoriale d'envahir la mer de Norwège. Le refroidissement hivernal amène une rétraction de ces eaux et le cycle saisonnier recommence.

Conclusions. — C'est ce phénomène de transgression estivale qui, vu en détail et non dans son ensemble, a donné naissance à la théorie des branches du Gulf-Stream dans l'Atlantique oriental. Les océanographes ont rencontré à quelques milles de distance des eaux fort différentes appartenant aux deux groupes précités et en ont conclu à la présence de branches issues du courant du golfe. L'influence des vents réguliers sur les couches superficielles agissant soit sur des épaves, soit sur des flotteurs, a contribué à fortifier l'erreur collective.

Dans la mer de Norwège, on a interprété comme un phénomène positif, comme le passage d'une branche du Gulf-Stream, un phénomène négatif, l'absence de glaces à l'est de la ligne Spitzberg-Islande, absence qui permet l'entrée des eaux atlantiques.

Un autre facteur a contribué à faciliter la méprise : c'est que les croisières océanographiques sont rares en hiver. Le maximum estival des transgressions chaudes a permis de multiplier les pseudo-branches du Gulf-Stream, au cours des recherches d'été.

En résumé, nous considérons que le nom de *Gulf-Stream* doit être réservé au *courant de retour du courant équatorial*. Dans l'Atlantique oriental, les variations thermiques et halométriques des eaux de surface sont dues à un *phénomène saisonnier* et non à des ramifications du courant du golfe. Ajoutons que les variations climatériques et biologiques jusqu'ici attribuées à ces branches du Gulf-Stream sont beaucoup plus faciles à expliquer par des mouvements d'énormes nappes d'eau que par des courants, même de grande importance.

OPTIQUE. — *Démonstration de la loi de l'entraînement de l'éther de Fresnel, sans appel à la relativité du temps et de l'espace* (1). Note de M. C. **Raveau**.

La démonstration que je donne de la formule de Fresnel est basée sur la considération d'un appareil interférentiel dans lequel, à la différence de

(1) Cf. Mengès, *Comptes rendus*, t. 175, 1922, p. 574.

celui de Fizeau, un des rayons interférents traverse successivement, en sens inverse, un fluide en mouvement et une masse du même fluide en repos ([1]). Le second rayon se propage dans le vide. L'appareil est considéré soit à l'état de repos, soit animé d'une vitesse telle que le réglage établi au repos se conserve évidemment. La condition de ce maintien du réglage n'est autre que la relation de Fresnel.

Précisons. Les trajets utiles de la lumière sont parallèles à une même direction ([2]). L'appareil comporte deux branches : l'une d'elles a la longueur 1 ; la lumière y traverse d'abord, avec une vitesse v', un courant fluide parallèle au rayon et qui fuit devant elle avec une vitesse φ ; elle revient, avec une vitesse v, sur la même longueur, à travers un fluide immobile. A ce trajet optique on égale celui d'un rayon qui a décrit, dans les deux sens, la longueur de la seconde branche dans le vide.

On règle d'abord l'appareil, immobile lui-même. Si n' et n sont les indices correspondants aux vitesses v', v ($nv = n'v' = c$), la longueur de la grande branche est $\frac{n+n'}{2}$.

Les fluides restant dans le même état de mouvement et de repos par rapport au repère extérieur, et continuant à remplir dans l'appareil les compartiments qui leur sont offerts, imaginons que l'appareil prenne lui-même la vitesse φ. Pour un observateur lié à l'appareil il n'y aura qu'un seul changement : c'est un fluide immobile par rapport à l'appareil que la lumière traversera d'abord. Ce simple renversement dans l'ordre de succession de trajets optiques ne peut *évidemment* pas détruire le réglage établi.

Mais un observateur immobile verra d'abord, si la contraction qu'implique la relativité existe réellement, les longueurs des deux branches se modifier. Ce point est sans importance, puisque le rapport des longueurs ne change pas. Il verra de plus varier le temps que met la lumière à parcourir chaque branche, devenue mobile. L'application des formules bien connues, en tenant compte des vitesses de la lumière dans chaque fluide, conduit, pour la conservation du réglage, à la condition

$$\frac{n+n'}{2}\,\frac{2}{\left(1-\frac{\varphi^2}{c^2}\right)}=\frac{n'}{\left(1-\frac{n'\varphi}{c}\right)}+\frac{n}{\left(1+\frac{n\varphi}{c}\right)},$$

([1]) Le mouvement et le repos sont appréciés, les vitesses sont mesurées par rapport à un corps de référence choisi une fois pour toutes.

([2]) Je laisse de côté les trajets perpendiculaires à cette direction, nécessaires pour passer d'un compartiment dans l'autre. Ils se compensent mutuellement et peuvent d'ailleurs être rendus aussi courts que l'on veut.

d'où l'on passe immédiatement à

$$\left(1-\frac{\varphi^2}{c^2}\right)=\left(1-\frac{n'\varphi}{c}\right)\left(1+\frac{n\varphi}{c}\right)$$

et à la formule de Fresnel [1].

ÉLECTROMAGNÉTISME. — *Sur le calcul de l'attraction des électro-aimants.* Note [2] de M. **André Guilbert**, présentée par M. Paul Janet.

L'attraction d'un électro-aimant est donnée par la formule de MM. Perrot et Picou :

$$\text{(1)}\qquad F=2\pi(n\,\mathrm{I})^2\left(\left|\frac{d\mathfrak{P}}{dx}\right|\right),$$

$n\mathrm{I}$ étant les ampères-tours d'excitation et $\mathfrak{P}$ la perméance du circuit magnétique. On peut décomposer ce circuit en deux : une partie, de perméance $\mathfrak{P}_1$, qui reste indéformable au point de vue *magnétique* bien que comportant une portion de l'armature mobile, et une partie, de perméance $\mathfrak{P}_2$, constituée le plus souvent par l'entrefer seul et subissant une déformation au cours de la marche.

En supposant les fuites négligeables, on a

$$\mathfrak{P}=\frac{1}{\dfrac{1}{\mathfrak{P}_1}+\dfrac{1}{\mathfrak{P}_2}}.$$

Cette expression portée dans (1) donne, en introduisant les réluctances correspondantes,

$$\text{(2)}\qquad F=2\pi\left(\frac{\mathcal{R}_2}{\mathcal{R}_1+\mathcal{R}_2}n\,\mathrm{I}\right)^2\left(\left|\frac{\mathfrak{P}_2^2}{\mathfrak{P}_1^2}\frac{d\mathfrak{P}_1}{dx}+\frac{d\mathfrak{P}_2}{dx}\right|\right),$$

$\mathfrak{P}_1$ étant fonction de la perméabilité $\mu(x)$ et $\mathfrak{P}_2$ de x et $\mu(x)$. Si le circuit magnétique n'est pas saturé, il vient

$$\text{(3)}\qquad F=2\pi\left(\frac{\mathcal{R}_2}{\mathcal{R}_1+\mathcal{R}_2}n\,\mathrm{I}\right)^2\left(\left|\frac{\partial\mathfrak{P}_2}{\partial x}\right|\right),$$

qui justifie l'application courante de la formule (1) à l'entrefer seul en majo-

---

(1) La forme précédente s'obtiendrait par multiplication terme à terme des équations de Lorentz résolues par rapport à x et x'.

(2) Séance du 9 octobre 1922.

rant les ampères-tours trouvés de ceux qui sont perdus dans le reste du circuit.

Pour tenir compte des fuites, ν étant le coefficient d'Hopkinson supposé constant, il suffit de remplacer $\mathcal{R}_1$ par $\nu\mathcal{R}_1$.

La formule (3) permet de calculer l'attraction pour un point quelconque x_0; $\frac{\partial\mathfrak{P}_2}{\partial x}$ n'est fonction que de variables géométriques et peut se calculer pour $x = x_0$; $\frac{\mathcal{R}_2}{\nu\mathcal{R}_1 + \mathcal{R}_2} n\mathrm{I}$ se détermine d'une façon générale de la manière suivante :

Soient (*fig.* 1) C la caractéristique des ampères-tours absorbés en fonction du flux pour la partie indéformable, et $C'(x_0)$, correspondant à x_0, cette

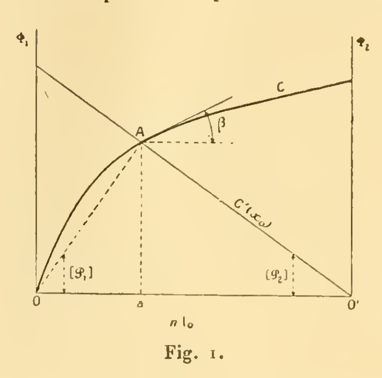


Fig. 1.

Fig. 2.

caractéristique pour la partie déformable, les origines étant distantes de $n\mathrm{I}_0$ représentant l'excitation. A cause des fuites il faut prendre pour le flux dans la partie indéformable une échelle ν fois plus petite. Les ampères-tours actifs cherchés sont en $\mathrm{O}a$.

S'il y a saturation de la partie indéformable, c'est-à-dire si C n'est plus une droite en A, la formule (3) n'est plus exacte et conduit à des erreurs par excès pouvant être très grandes.

On peut exprimer $\frac{d\mathfrak{P}_1}{dx}$ en fonction de $\frac{d\mathfrak{P}_2}{dx}$ en remarquant que les angles $\widehat{\mathrm{AOO'}}$ et $\widehat{\mathrm{OO'A}}$ ont respectivement pour tangentes, aux échelles près, $\mathfrak{P}_1$ et $\mathfrak{P}_2$.

Si $[\mathfrak{P}_1]$ et $[\mathfrak{P}_2]$ sont les valeurs mêmes de ces tangentes et β l'inclinaison de la tangente en A à la courbe C, la formule (2) devient

$$(4) \qquad F_{x=x_0} = 2\pi[\mathrm{O}'a]^2\left(1 - \frac{1 - \frac{\tan\beta}{[\mathfrak{P}_1]}}{1 + \frac{\tan\beta}{[\mathfrak{P}_2]}}\right)\left(\left|\frac{\partial\mathfrak{P}_2}{\partial x}\right|\right)_{x=x_0},$$

qui s'applique d'une façon analogue à (3), et qui est vraie, qu'il y ait des fuites ou non. Elle suppose C′ rectiligne, ce qui a presque toujours lieu.

S'il y a de l'hystérésis, C ne passe plus par O (*fig.* 2), la formule est encore vraie en prenant pour $[\mathfrak{L}_1]$ la tangente de l'angle de O″A avec l'horizontale, ce qui revient à assimiler l'hystérésis à l'existence préalable d'ampères-tours.

Enfin, si l'on veut tenir compte de la saturation du fer qu'il y a quelquefois dans la partie mobile, il suffit d'exprimer $\frac{d\mathfrak{L}_2}{dx}$ en fonction de $\frac{\partial\mathfrak{L}_2}{\partial x}$, qui reste toujours aussi facilement calculable en faisant μ constant et égal à la valeur correspondant au point A. Si γ est l'angle de la tangente en A à $C'(x_0)$ avec l'horizontale, on a

$$F_{x=x_0} = 2\pi[O'''a]^2\left(1 - \frac{1 - \frac{\tang\beta}{[\mathfrak{L}_1]}}{1 + \frac{\tang\beta}{[\mathfrak{L}_2]}}\right)\left(1 - \frac{1 - \frac{\tang\gamma}{[\mathfrak{L}_2]}\,\frac{\tang\beta}{\tang\gamma}}{1 + \frac{\tang\beta}{[\mathfrak{L}_2]}\,\frac{\tang\beta}{\tang\gamma}}\right)\left(\left|\frac{\partial\mathfrak{L}_2}{\partial x}\right|\right)_{x=x_0},$$

en tenant compte de l'hystérésis de la partie déformable.

Comme exemple, on peut citer le calcul de l'effort d'arrachement de l'armature d'un électro-aimant en U, cas où l'on applique la formule $F = \frac{\mathfrak{B}^2 S}{8\pi}$; alors que (3) donne, C′ se confondant avec $O'\Phi_2$,

$$F = \frac{\mathfrak{B}^2 S}{8\pi}\,\frac{\tang\beta}{[\mathfrak{L}_1]}.$$

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur les indices de réfraction des sulfures phosphorescents.* Note de M. **Maurice Curie**, présentée par M. G. Urbain.

Dans un travail déjà ancien ([1]), P. Lénard a montré, en projetant un spectre sur des surfaces enduites de sulfures phosphorescents, qu'il existait des bandes d'excitation établissant une phosphorescence de longue durée. Pour un même phosphorogène (Cu, par exemple), dilué dans les trois différents sulfures alcalino-terreux (CaS, BaS, SrS), les rapports $\frac{\lambda}{\sqrt{K}}$ des longueurs d'ondes des bandes correspondantes d'excitation aux racines carrées des constantes diélectriques sont égaux. Lénard en déduit que la

([1]) P. Lénard, *Sur l'émission de lumière et son excitation* (*Ann. der Physik*, 1910).

longueur d'onde d'excitation du métal phosphorogène est constante; elle serait la même dans le sulfure et dans le vide, $\frac{\lambda}{\sqrt{K}} = \lambda_0$.

Ce travail a été développé récemment par F. Schmidt [1], qui a déterminé les constantes diélectriques de ces sulfures pulvérulents, en utilisant des mélanges liquides de mêmes constantes diélectriques. Il a montré que la constance du rapport $\frac{\lambda}{\sqrt{K}}$ est, en outre, vérifiée dans le cas des oxydes et des séléniures alcalino-terreux phosphorescents. Schmidt reprend l'interprétation de Lénard concernant les longueurs d'ondes « absolues » λ_0 d'excitation dans le vide; les longueurs d'ondes absolues des différentes bandes successives d'excitation dans une même substance phosphorescente peuvent être rattachées suivant une formule du type de celle de Balmer.

Cette interprétation de la constance du rapport $\frac{\lambda}{\sqrt{K}}$ suppose que la longueur d'onde joue un rôle prépondérant. De plus, elle est basée sur la relation $K = n^2$ qui n'est souvent qu'approximativement vérifiée, même pour des longueurs d'ondes bien plus grandes que celles envisagées ici, généralement comprises entre $400^{\mu\mu}$ et $250^{\mu\mu}$.

J'ai cherché à déterminer directement les indices de réfraction des différents sulfures phosphorescents. La difficulté provient de l'indice élevé de ces substances et de la finesse du grain. J'ai employé la méthode consistant à examiner au microscope des grains de la substance immergés dans un milieu transparent et homogène de même indice. Les mélanges fondus de soufre et de sélénium conviennent pour des déterminations d'indices compris entre 2,0 et 2,7 [2]; par solidification, on peut obtenir des mélanges restant amorphes pendant un temps suffisant aux déterminations. J'ai d'abord fait une vérification sur la blende transparente naturelle pulvérisée; l'indice trouvé, $n = 2{,}35$ ($\lambda = 630^{\mu\mu}$ env.) est bien d'accord avec la valeur admise [3] 2,3695 ($\lambda = 589^{\mu\mu}$).

J'ai ensuite examiné divers échantillons de sulfures de calcium, de baryum et de strontium phosphorescents. Les déterminations sont délicates par suite de la finesse extrême des grains et de leur mauvaise transparence; il faut un objectif et un oculaire très puissants, et un éclairage intense. Les

(1) F. Schmidt, *Sur les constantes diélectriques des phosphores* (*Ann. der Physik*, 1922).

(2) Merwin et Larsen, *Am. J. of Sc.*, 1912.

(3) *Recueil de Constantes de la Société de Physique.*

indices des divers grains sont différents. Quel que soit le sulfure alcalino-terreux ou le phosphorogène, la plus grande partie des grains a un indice compris entre 2,10 et 2,15 (pour la lumière jaune). Mais une fraction appréciable des grains a des indices inférieurs; cette irrégularité est probablement due à une oxydation plus ou moins profonde; certains grains plus volumineux et plus transparents ont donné des nombres voisins de 1,6, le sulfure étant alors entièrement transformé en sulfate ([1]). Pour aucun grain, l'indice n'a atteint 2,20.

Avec le sulfure de zinc phosphorescent, les déterminations sont plus faciles, les grains sont plus volumineux, et très transparents. La forme cristalline habituelle est hexagonale, la dispersion faible; en examinant en lumière naturelle différents grains, on a l'indice moyen. Tous les échantillons observés, dont la couleur de phosphorescence variait entre le violet et le rouge, ont donné un indice voisin de 2,35 ($\lambda = 630^{\mu\mu}$).

Les déterminations de K utilisées dans les travaux de Lénard et de Schmidt correspondent aux valeurs moyennes suivantes pour $\sqrt{K}$:

Sulfure phosphorescent.	$\sqrt{K}$ (Lénard).	$\sqrt{K}$ (Schmidt).
CaS	2,84	2,77
SrS	2,91	2,94
BaS	3,16	2,92
ZnS	2,84	2,70

Ces nombres dépassent beaucoup les valeurs de n que j'ai obtenues directement. Pour les sulfures alcalino-terreux phosphorescents notamment, les indices sont sensiblement les mêmes et leur valeur pour la lumière jaune est inférieure à 2,20. Si l'on admet que le rapport $\frac{\Delta n}{\Delta \lambda}$ est voisin de celui de la blende 0,0005, l'indice correspondant à $400^{\mu\mu}$ doit être inférieur à 2,30 pour les sulfures phosphorescents alcalino-terreux et à 2,50 pour le sulfure de zinc.

L'interprétation de Lénard concernant la constance du rapport $\frac{\lambda}{\sqrt{K}}$ ne semble donc pas pouvoir être admise.

([1]) M. A. Guntz a montré, par l'analyse chimique, l'existence d'une proportion notable de sulfate dans le sulfure de calcium phosphorescent (Comm. à la Soc. de Phys., 1922).

CHIMIE ANALYTIQUE. — *Neutralisation de l'acide tartrique par la potasse en présence des chlorures alcalino-terreux.* Note de MM. **L.-J. Simon** et **L. Zivy**.

Le tartrate monopotassique (crême de tartre) est neutre à l'hélianthine; au sein de l'eau dans laquelle il est à peine soluble, une molécule d'alcali est nécessaire en présence de phtaléine pour amener la coloration rose

$$CO^2-CHOH-CHOH-CO^2K+KOH=CO^2K-CHOH-CHOH-CO^2K+H^2O.$$

En même temps, le sel entre en solution. L'acide tartrique manifeste ainsi sa double fonction acide. En présence de phtaléine, il est neutralisé par deux molécules d'alcali; en présence d'hélianthine, une seule molécule suffit. A la vérité, le virage, dans ce dernier cas, n'est pas aussi précis que dans le cas des acides minéraux tels que HCl et SO^4H^2; il l'est moins encore si l'on emploie la soude. La netteté du virage est certainement en rapport avec l'insolubilité du tartrate monopotassique.

Si l'on ajoute, à une solution d'acide tartrique, un sel neutre de potassium — le chlorure par exemple — la neutralisation en présence d'hélianthine s'effectue naturellement avec plus de précision. Tout se passe, en effet, comme si l'on neutralisait l'acide chlorhydrique libéré.

$$C^4H^6O^6+KCl \rightarrow C^4H^5O^6K+HCl \rightarrow C^4H^5O^6K+KCl.$$

A l'acidité de l'acide tartrique se trouve substituée celle de HCl.

Si maintenant on envisage la neutralisation *au moyen de potasse et en présence d'hélianthine* d'un mélange d'acides tartrique et chlorhydrique, le virage sera tout aussi net et précis qu'avec l'acide chlorhydrique seul. Il en sera de même dans le mélange d'acide tartrique avec un acide quelconque dont le virage alcalin en présence d'hélianthine est lui-même net et précis comme avec les acides sulfurique, trichloracétique, pyruvique, etc.

Comme, d'autre part, le virage *en présence de phtaléine* se produit nettement par l'addition d'une seconde molécule d'alcali sans être influencé par la présence des autres sels neutres à ce réactif, on peut donc doser isolément l'acide tartrique et un autre acide parmi ceux qui possèdent comme l'acide sulfurique la neutralité commune aux deux indicateurs.

Une exception importante se présente si l'on a en solution un sel neutre alcalino-terreux — le chlorure de calcium par exemple —. Qu'arrive-t-il si l'on veut doser, en présence de chlorure de calcium, une solution d'acide tartrique par la potasse en présence des deux indicateurs? Disons de suite

qu'en présence de phtaléïne rien n'est changé; il n'en est pas de même en présence d'hélianthine. Deux circonstances sont à examiner.

1° Le mélange renferme un excès de chlorure de calcium, c'est-à-dire plus d'une molécule pour une molécule d'acide tartrique. Tout se passe alors dans la neutralisation comme si l'acide tartrique était remplacé par deux molécules d'acide chlorhydrique. *Le volume d'alcali ajouté est à une ou deux gouttes près le même quand on opère soit en présence d'hélianthine, soit en présence de phtaléine.*

$$C^4H^6O^6 + CaCl^2 + 2KOH = C^4H^4O^6Ca + 2KCl + H^2O.$$

En présence d'un excès, si léger qu'il soit, de chlorure de calcium, l'acide tartrique se comporte à la neutralisation à la manière d'un acide fort, tel que l'acide sulfurique ou l'acide chlorhydrique. La zone dans laquelle il y a neutralité à la fois vis-à-vis des deux indicateurs se réduit pratiquement à zéro.

2° Le mélange renferme moins d'une molécule de chlorure de calcium pour une molécule d'acide tartrique. Le résultat est aussi net et se situe exactement entre les deux cas extrêmes proportionnellement à la quantité de chlorure de calcium ajoutée; chaque molécule intervient quantitativement.

Si l'on construit un diagramme en axes rectangulaires, portant en abscisses le volume de la solution calcique et en ordonnées le volume de potasse nécessaire pour faire disparaître la coloration de l'hélianthine, les points se placent sur une droite dont le coefficient angulaire dépend uniquement des titres des deux solutions calcique et potassique : si ces solutions sont équimoléculaires le coefficient angulaire est égal à l'unité : chaque molécule de chlorure de calcium agit vis-à-vis de la potasse comme une molécule d'acide chlorhydrique. La concentration de l'acide tartrique utilisé intervient pour fixer l'ordonnée à l'origine de la droite et corrélativement la quantité de chlorure de calcium à partir de laquelle toute nouvelle addition est sans effet, c'est-à-dire à partir de laquelle le phénomène est représenté par une droite parallèle à l'axe des abscisses : c'est ce que signifient les formules

$$C^4H^6O^6 + KOH = C^4H^5O^6K + H^2O,$$
$$C^4H^6O^6 + CaCl^2 + 2KOH = C^4H^4O^6Ca + 2KCl + 2H^2O.$$

Il résulte donc de l'étude de ce deuxième cas que la zone dans laquelle il y a neutralité à la fois vis-à-vis des deux indicateurs se réduit proportionnellement à la quantité de chlorure de calcium ajouté jusqu'à s'annuler pour

des proportions équimoléculaires d'acide tartrique et de chlorure de calcium.

Le chlorure de baryum se comporte d'une manière analogue au chlorure de calcium, mais les virages sont plus difficiles à saisir. Qualitativement, le phénomène est le même. Les conclusions sont différentes avec les autres chlorures métalliques.

CRISTALLOGRAPHIE. — *Élasticité et symétrie du quartz aux températures élevées*. Note (1) de MM. **Albert Perrier** et **B. de Mandrot**, présentée par H. Le Chatelier.

Des hypothèses sur la piézoélectricité ont conduit l'un de nous à prévoir une température de disparition de ce phénomène et à l'observer sur le quartz au point $\alpha\beta$ (2); elles ont rendu nécessaire une étude de l'élasticité en fonction de la température.

Cette étude, résumée ici, comporte la détermination depuis les conditions ordinaires jusque vers 1200° des constantes de traction du quartz dans quatre directions : celles de l'axe binaire et de l'axe ternaire, puis deux directions normales à l'axe binaire et à 50° de part et d'autre de l'axe optique.

Les échantillons choisis étaient des lames d'environ $0,7 \times 7^{mm^2}$ de section et de 70^{mm}-80^{mm} de longueur. Elles ont été taillées dans des individus très purs avec la précision de l'optique. On les plaçait sur deux appuis à 40^{mm}-50^{mm} d'écartement et les fléchissait par un poids connu agissant au milieu. La flèche était observée par le procédé Kœnig (lecture sur une échelle par l'intermédiaire de deux miroirs plans fixés aux extrémités des lames).

De grandes difficultés ont dû être surmontées par suite de l'élévation des températures et de l'extrême fragilité de la matière au point de transformation.

Voici un extrait des résultats numériques; ce sont les modules Young $E_{\parallel}$ et $E_{\perp}$ parallèlement et perpendiculairement à l'axe optique, en kg : mm² $\left(c_{33} = \frac{1}{s_{33}}, \text{ resp. } c_{11} = \frac{1}{s_{11}} \text{ dans la notation de Voigt}\right)$. Le calcul a tenu compte des dilatations thermiques (3) :

(1) Séance du 2 octobre 1922.

(2) A. Perrier, *Hypothèse de polarisations diélectriques spontanées*, etc. (*Archives de Genève*, 4e série, t. 41, 1916, p. 493).

(3) Relevées directement sur les courbes de H. Le Chatelier (*Comptes rendus*, t. 108, 1889, p. 1046).

t.	E ‖.	t.	E ‖.	t.	E ⊥.	t.	E ⊥.
18°	10480	574°,5	6320	18°	8010	573°	3570
74	10370	575	6020	140	7980	574	3210
105	10300	576	6680	210	7940	576	9030
160	10200	577,5	9060	326	7825	585	10530
232	10010	584	9560	404	7710	599	10910
340	9730	596	9710	457	7520	642	11340
436	9350	654	9800	498	7250	733	11660
544	8400	731	9860	542	6520	796	11820
567	7440	828	9900	561	5630	948	12020
572	6960	992	9920	564	5470	1140	12190
574	6510	1078	9910	568	4860		

Directions obliques.

t.	$E_{+50°}$.	t.	$E_{-50°}$.
15°	7850	15°	13060
293	7450	498	9900
496	6670	548	8120
548	6110	582	9280
581	9060	648	10060
648	10090	694	10260
694	10280		

Les constantes déterminées ici correspondent à des déformations *isothermiques;* dans les conditions ordinaires et pour le quartz, leur différence avec les constantes adiabatiques est peu sensible. Mais il est digne de remarque que, dans un intervalle de quelques degrés au-dessous du point $\alpha\beta$, la déformation, aussi bien que le retour à l'état non déformé, présentent un traînage très marqué : les configurations d'équilibre ne se fixent qu'après une durée allant jusqu'à une à deux minutes. Ce phénomène s'explique parfaitement par l'accentuation de l'écart entre transformations isothermique et adiabatique que la thermodynamique exige dans cette région de grande dilatabilité en même temps que de variation très rapide des modules avec la température. A part ce phénomène, donc parfaitement normal, nous avons constaté une *complète réversibilité*, soit en fonction des efforts, soit de la température. L'intérêt de ce fait est manifeste pour la solidité et la clarté des conclusions que l'on peut tirer.

Une constatation frappe de prime abord à l'examen des chiffres : le très considérable intervalle de variation des modules. Normalement à l'axe, il s'étend du simple au quadruple.

Quant au détail, les deux régions α et β (température de passage 576°) offrent le contraste le plus tranché. Jusqu'à 575°, les courbes pour les deux directions principales accusent une *décroissance* d'abord très lente qui s'accélère très rapidement lorsqu'on se rapproche du point de transformation. A partir de là, une élévation de température d'un seul degré provoque un *accroissement* extrêmement brusque et considérable (près de 300 pour 100 pour l'axe binaire); ensuite, cet accroissement se continue mais dans une proportion de plus en plus faible, presque négligeable le long de l'axe optique.

Il est intéressant de rappeler ici les faits thermiques connus : jusqu'au point $\alpha\beta$, toutes les dimensions croissent et de plus en plus vite, de là le corps *se contracte* légèrement et continuellement. Laissant de côté la transformation elle-même, on voit que, à un accroissement des distances moléculaires, correspond, quel que soit le sens de la variation de température, un accroissement de la résistance à la déformation. On peut ajouter que le quartz β est un exemple très typique d'un solide sur lequel l'agitation thermique a une influence presque insensible, que son réseau a une stabilité telle qu'on peut considérer ses éléments à l'état statique.

P. Curie a trouvé dans le voisinage des conditions ordinaires que le module piézoélectrique ne dépend pas de la température. Combinant ce fait avec les résultats sur l'élasticité rapportés ici, on conclut que, dans les mêmes conditions, le moment électrique développé par déformation normale à l'axe optique ne dépend que de cette déformation.

Les nombres relatifs aux directions $\pm 50°$ conduisent à une conclusion très nette sur les symétries respectives des états α et β. Les expériences de corrosion de G. Friedel, ainsi que la disparition de la piézoélectricité (extrémités de l'axe binaire devenant symétriques) montraient bien un accroissement de symétrie. On voit sur le Tableau ci-dessus que l'énorme écart entre les deux directions va s'atténuant rapidement pour *disparaître à* 576°; au delà, les modules sont identiques à toute la précision des expériences près. Ce fait démontre de *façon rigoureuse* qu'au point de passage, le cristal passe de la symétrie *rhomboédrique* à la symétrie *hexagonale*, que par suite, l'élasticité du quartz β a une *symétrie de révolution*.

GÉOGRAPHIE PHYSIQUE. — *Sur l'origine et le processus de formation des sols de la Hague.* Note de M. **Aimé Azam**, présentée par M. Émile Haug.

La plupart des géologues considèrent les sols de la Hague comme étant le résultat du remaniement d'assises secondaires ou tertiaires disparues à l'heure actuelle ([1]). Une étude approfondie de ces questions m'a conduit à une opinion différente. J'ai obtenu par l'analyse micrographique les résultats suivants :

I. *Limons de la lande de Jobourg* (cote 180).

Dans cette région, le sous-sol est formé en majeure partie par des schistes à Calymènes (Ordovicien moyen) et par des grès Armoricains (Ordovicien inférieur). Les formations gréseuses de l'Ordovicien supérieur (grès de May) ont partout disparu.

L'examen au microscope polarisant des sols de la lande de Jobourg montre que ces limons renferment des minéraux empruntés :

1° *Aux grès de May.* — (Gros grains roulés de quartz avec inclusion de rutile, fragments de microcline et d'oligoclase);

2° *Aux schistes à Calymènes.* — (Petits éclats de quartz noyés dans une masse argileuse abondante).

En définitive, les sols de la lande de Jobourg sont le résultat de la dissociation de l'ancienne couverture gréseuse de l'Ordovicien supérieur (grès de May) remaniée sur la surface altérée des schistes à Calymènes.

II. *Limons des environs de Sainte-Croix-Hague.* — Les Grès Feldspathiques du Cambrien supérieur constituent le sous-sol de la région. Les minéraux observés dans les limons appartiennent tous à cette dernière roche, seul le kaolin qui forme le ciment des Grès Feldspathiques est absent dans les limons, il a été entraîné et dissout. L'altération des feldspaths va en augmentant au fur et à mesure que l'on s'éloigne de la roche d'origine. Les sols des environs de Sainte-Croix-Hague ne peuvent donc provenir que de l'altération sur place des Grès Feldspathiques.

III. *Limons des environs de Riglon* (cote 140). — Le sous-sol est formé par des grès Armoricains (Ordovicien inférieur) et par des schistes à Calymènes (Ordovicien moyen), nulle part on ne trouve de dépôts de l'Ordovicien supérieur (grès de May).

([1]) Carte géologique détaillée de la France au $\frac{1}{80000}$. Notice explicative, Feuille *Les Pieux*.

Les limons de ces régions renferment des éléments empruntés :

1° *Aux grès de May* (fragments de grès de May avec débris de feldspaths plagioclases);

2° *Aux schistes à Calymènes* (éclats anguleux de quartz, paillettes de mica blanc, argile abondante) ;

3° *Aux grès Armoricains* (petits fragments de grès Armoricains avec auréole secondaire nettement visible, débris de rutile et de tourmaline en cristaux brisés et roulés).

En résumé, les limons des environs de Sainte-Croix-Hague proviennent du remaniement d'éléments appartenant aux grès de May sur la surface des schistes à Calymènes et des grès Armoricains.

IV. *Limons de la Madeleine et du Grand-Hameau.* — Tous les minéraux observés appartiennent au grès de May qui constitue le sous-sol de cette région. Ils proviennent donc de l'altération sur place de cette dernière roche.

Contrairement à l'opinion exprimée dans la Notice explicative de la feuille géologique « Les Pieux », je n'ai pu trouver trace de fossiles secondaires ou tertiaires. Les limons de la Hague ne sont donc pas le dernier terme de l'altération de ces dépôts, ils sont au contraire le résultat du remaniement et de la dissociation de roches primaires appartenant soit au Cambrien, soit à l'Ordovicien.

L'âge de ces sols ne doit pas être reporté à une période très reculée. Au début du Quaternaire l'érosion avait nivelé la région, la transformant en une vaste pénéplaine, détruisant en grande partie les assises secondaires et tertiaires. A la suite des pluies abondantes du Pléistocène, les limons se sont formés par altération sur place et par remaniement de la roche primaire sous-jacente. Après le mouvement de surrection de la région, mouvement mis en lumière par les beaux travaux de M. A. Bigot [1], le niveau hydrostatique s'est abaissé, entraînant le creusement des vallées actuelles, abandonnant ainsi les limons dans la position culminante qu'ils occupent aujourd'hui.

---

[1] A. Bigot, *Sur les dépôts pléistocènes et actuels du littoral de la Basse-Normandie* (*Comptes rendus*, t. 123, 1896, p. 380).

MÉTÉOROLOGIE. — *La proportion des réussites dans la prévision du temps.* Note (¹) de M. **Jean Mascart**, transmise par M. Marcel Brillouin.

Au début de l'organisation des services météorologiques, on s'est préoccupé surtout des applications maritimes et les avertissements dans les ports constituaient une tâche essentielle. Aujourd'hui, l'évolution s'est faite dans deux voies différentes : aux États-Unis, on recherche principalement les applications agricoles et économiques, et ce Bureau indique, chaque samedi, le temps probable de la semaine suivante; en France, les efforts portent sur la navigation aérienne et les avertissements sont valables pour 12 ou 6 heures. Il y a opposition nette entre les deux tendances : prévisions générales à long terme, ou prévisions détaillées à très court terme.

Mais le point le plus obscur subsiste dans le contrôle des prévisions, qui échappe le plus souvent, car il faut bien reconnaître que le problème est très mal défini, le temps pouvant être très beau pour le marin et l'agriculteur, en même temps que désagréable ou mauvais pour le citadin. Or, dans cette science difficile, c'est l'étude des erreurs qui est la plus instructive et il nous paraît essentiel de définir et de préciser ces erreurs mêmes si l'on veut perfectionner la prévision du temps, quelle qu'elle soit.

Tout d'abord, pour être contrôlable, la prévision doit être assez précise pour engager la responsabilité du météorologiste, à qui doit être interdite toute rédaction parabolique. Il vaut mieux se tromper que de *faire semblant* d'avoir raison et, dans cette voie, bien des prévisions devraient être perfectionnées : tel service connu, dans un mois de 31 jours, donne 14 prévisions *incontrôlables* telles que « brumeux, à éclaircies, giboulées par places » ou bien « doux, nuageux, pluies, ondées » qui se sont *certainement* réalisées *quelque part*. C'est un procédé de fortune auquel il faut renoncer.

Prenons d'abord un phénomène assez net, celui de la prévision des tempêtes : Robert H. Scott, directeur du Service météorologique d'Angleterre, indique 70 pour 100 comme proportion *honorable* des réussites pour une telle prévision (²).

Pour les prévisions générales, 36 heures à l'avance, son successeur, Sir Napier Shaw, donne une proportion générale de 56 pour 100 seule-

---

(¹) Séance du 8 octobre 1922.

(²) *Lecture à l'Institution royale de la Grande-Bretagne*, 1872.

ment. Que faut-il donc penser des taux de 80 pour 100, 90 pour 100, 95 pour 100 que s'attribuent certains auteurs? Si l'on ne peut les « considérer comme entièrement fantaisistes » (Rouch), du moins on peut affirmer, précisément, qu'ils ont pour origines des prévisions trop imprécises.

Wladimir Köppen ([1]) a remarqué depuis longtemps que le temps a une tendance marquée à conserver son caractère, indiquant dans un grand nombre de cas la probabilité de continuation de séries pluvieuses, mais sans aucune statistique pour prédire, pour demain, le temps d'aujourd'hui : appliquant ce procédé, Rouch ([2]) trouve 40 prévisions bonnes; 40 passables et 20 mauvaises — sans indiquer sur combien de cas porte la statistique. Le même auteur, qui dit avoir des règles assez précises avec une échelle de quatre valeurs, dont le détail n'est malheureusement pas publié, donne pour contrôle de ses prévisions personnelles 60 bonnes, 30 passables et 10 mauvaises; c'est là une des trop rares indications sérieuses en la matière, pour préciser à partir de quelle proportion les prévisions doivent commencer à être considérées comme satisfaisantes; 56 pour 100 de Shaw paraît trop sévère; 60 pour 100 (Rouch, p. 399), *avec toute la précision désirable?* etc.

Or on répète constamment, sans l'avoir jamais établi, qu'en tirant au hasard s'il fera beau ou mauvais, la proportion des réussites est de 50 pour 100 : j'ai voulu préciser un peu ce point, car le préciser revient à définir la proportion à partir de laquelle la prévision est plus ou moins satisfaisante.

Tirer au hasard n'a aucun sens en matière de prévision du temps : si l'on met beau et mauvais sur les bulletins d'une urne, on ne fera que définir la composition de l'urne et le tirage devient inutile. D'ailleurs, beau ou mauvais est beaucoup trop imprécis. Mais si l'on ajoute sur des bulletins nuageux, pluie, orage, gelée, etc., outre la façon dont l'urne aura été composée, on tirera des gelées en juillet, ce qui conduira à des conséquences absurdes.

Je me suis efforcé d'approcher autrement, dans les statistiques suivantes, d'un pourcentage que l'on puisse qualifier de *au hasard :* on choisit, au préalable, un jeu d'expressions simples, beau, nuageux, couvert, averses, orageux, etc., pour caractériser le temps.

Première expérience. — A énonce au hasard une date d'un mois quelconque, en variant les mois le plus possible; B dicte une prévision qu'inscrit A. Fait sur plus

([1]) *Repertorium für Meteorologie*, t. 2.

([2]) *Revue scientifique*, 1918, p. 391.

de six années, le contrôle comporte des réussites variables suivant les mois — en moyenne 52,2 pour 100.

Deuxième expérience. — A a un tableau de tous les jours de l'année et, avec le minimum de réflexion, inscrit une prévision devant chaque jour, à la suite : les réussites vont de 50 pour 100 en décembre à 68,8 pour 100 en juin — en moyenne 57,7 pour 100 (¹).

Troisième expérience. — Avec les *chances de pluie* basées sur la statistique de 70 ans, on établit une prévision *sans aucune ambiguïté*, pluie ou non : pour ce phénomène particulier, le succès varie de 45,6 pour 100 en décembre à 66,7 pour 100 en juin — en moyenne, 54,4 pour 100.

De la comparaison de toutes ces données, il semble bien que la prévision du temps commence à être satisfaisante à partir de 60 pour 100 de réussites, *à condition que cette prévision soit assez précise*, et ce résultat ne nous paraît pas sans intérêt. Nous avons expliqué ici (²) comment, afin de favoriser les travaux agricoles, nous nous efforçons de prédire le temps entre 10 et 41 jours à l'avance; nos réussites s'établirent d'abord autour de 70 pour 100; mais nous fûmes de plus en plus sévère dans la rédaction, évitant des échappatoires et, de ce fait, notre taux, qui a bien baissé cette année, est encore sur l'ensemble de 64,9 pour 100. Cette proportion ne paraît donc pas l'effet du hasard, autant qu'on puisse employer ce mot, et semble légitimer notre tentative.

Mais, en matière de *prévision locale*, la climatologie et l'étude constante de la région rendent de grands services pour la prévision du jour au lendemain : ici nos réussites pour une longue période atteignent 79,3 pour 100, alors que les prévisions centrales et générales ne dépassent pas 69 pour 100. Par le perfectionnement et l'extension des études régionales, on est donc en droit d'espérer bientôt, à 36 heures, atteindre *régulièrement* la proportion de 80 pour 100 de bonnes prévisions.

BOTANIQUE. — *Sur la position systématique des Euphorbiacées.* Note de M. P. Bugnon, présentée par M. Guignard.

La position systématique des Euphorbiacées a donné lieu à controverse et la question reste toujours posée; la famille est placée, suivant les auteurs,

---

(¹) Dans ces deux expériences, les sujets A et B ne sont pas sans connaissance générale du climat local, sur lequel est fait le contrôle.

(²) *Comptes rendus*, t. 173, 1921, p. 419.

tantôt parmi les Apétales, au voisinage des Urticales, tantôt parmi les Dialypétales, au voisinage principalement des Malvales.

Parmi les systématiciens qui ont tenté de construire un arbre généalogique des Dicotylédones, il en est, tel Wettstein ([1]), qui considère les Tricoques, dont les Euphorbaciées constituent la famille de beaucoup la plus importante, comme représentant un stade d'évolution intermédiaire entre les Apétales et les Dialypétales; les Euphorbiacées pourraient dériver de types voisins des Urticales et conduire à diverses séries de Dialypétales, notamment aux Malvales. Par contre, Hallier ([2]) a nettement écarté les Euphorbiacées de la série phylogénique aboutissant aux Malvales, surtout parce que les premières n'ont pas « l'écorce réticulée caractéristique » des secondes ([3]). Il est vrai que le même auteur, en tenant compte de tout un ensemble de caractères, a rangé pendant longtemps les Euphorbiacées dans les Malvales mêmes, en indiquant leur dérivation probable à partir des Sterculiacées ([4]).

De pareilles divergences d'opinion montrent la nécessité de ne négliger aucun caractère dans les comparaisons qu'on peut faire en vue de choisir l'hypothèse la plus plausible.

Jusqu'ici ce sont surtout les caractères de l'organisation florale, ainsi que les caractères morphologiques et anatomiques de l'appareil végétatif adulte, qui ont servi à ce point de vue. On s'est peu attaché à comparer l'organisation cotylédonaire; on a négligé, en particulier, le mode de nervation des cotylédons.

([1]) Wettstein, *Handbuch der syst. Botanik*, 2e vol., 1903-1908, p. 242 et 551.

([2]) Hallier, *L'origine et le système phylétique des Angiospermes exposés à l'aide de leur arbre généalogique* (*Archives néerlandaises des Sciences exactes et naturelles*, 3e série B, t. I, 1912, p. 146).

([3]) Voici les termes mêmes de l'auteur : « L'écorce réticulée caractéristique des Anonacées se trouve encore dans toutes les familles des Columnifères..., et peut déjà être observée à l'œil nu aux rameaux vivants des Tilleuls ordinaires. Ce caractère ne constitue donc pas un excellent moyen pour déterminer des échantillons stériles..., mais c'est en même temps un bon critérium pour juger si de pareils types qui présentent une ressemblance extérieure avec les Columnifères, comme les..., Euphorbiacées, ..., appartiennent réellement à cet ordre. Déjà ce seul caractère, accompagné de quelques autres seulement, a permis de répondre à cette question par un *non* décisif. » (*Loc. cit.*, p. 200.)

([4]) Voir notamment : Hallier, *Vorläufiger Entwurf des natürlichen* (*phylogenetischen*) *Systems der Blüthenpflanzen* (*Bull. de l'Herb. Boissier*, 2e série, t. III, 1903, p. 306); *Ueber Juliana, eine Terebinthaceen-Gattung mit Cupula*, ..., Dresden, 1908.

Or j'ai tiré d'une Note récente [1] la conclusion suivante : « l'existence, habituelle ou anormale, d'une ramification terminale dichotome des limbes

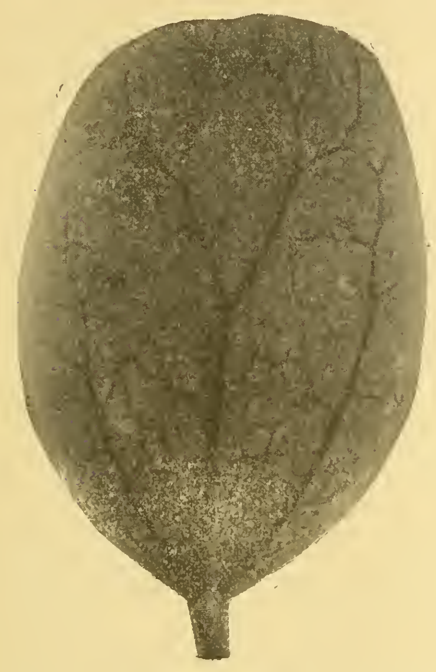


Fig. 1. — Microphotographie d'un cotylédon de *Mercurialis annua* L., éclairci au préalable par séjour dans l'alcool. Gr. : 7.

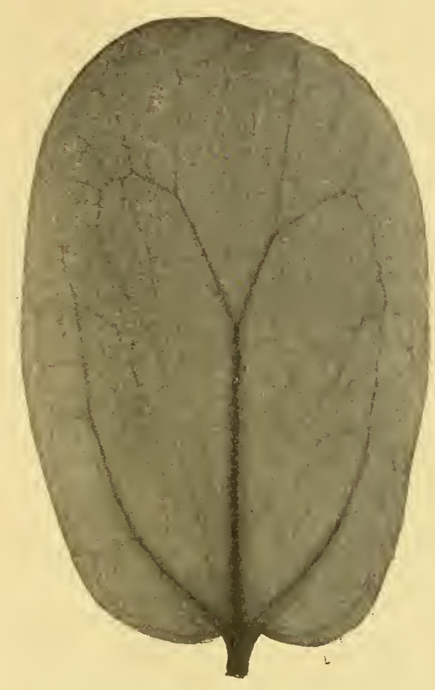


Fig. 2. — Photographie, à l'aide d'un appareil à agrandissement, d'un cotylédon de *Brachychiton acerifolium* F. Muell., éclairci au préalable par séjour dans l'alcool. Gr. : 3.

cotylédonaires, ou seulement de leur nervure médiane, peut être regardée comme un trait d'organisation ancestral et qui mérite d'entrer en ligne de compte dans l'étude des rapports phylogéniques des Plantes à graines entre elles » [2].

---

(1) P. Bugnon, *Sur la ramification dichotome dans les cotylédons* (*Comptes rendus*, t. 174, 1922, p. 1194).

(2) M. Paul Becquerel (*Comptes rendus*, t. 174, 1922, p. 233) paraît avoir eu l'intention de saper cette conclusion. Il m'objecte « que les nervures dichotomes ne sont pas les plus primitives », parce « que la première nervure, à son début, est toujours simple ».

Je pense que tout le monde est d'accord avec M. Becquerel sur ce fait remarquable qu'une nervure est d'abord simple avant de se ramifier. Mais, ce que j'ai comparé, ce sont deux modes de ramification nervuraire, le mode dichotome et le mode latéral; j'ai fourni des arguments tendant à prouver que le mode dichotome est le plus primitif des deux. M. Becquerel n'a pas réfuté ces arguments; il a traité d'une autre question, dont ce n'est pas le lieu de discuter ici.

Cette conclusion me paraît s'appliquer d'une façon remarquable à la comparaison des cotylédons de *Mercurialis annua* L. et de *Brachychiton acerifolium* F. Muell. (*Sterculia acerifolia* Hemsl.) (1).

Les deux photographies ci-jointes mettent en évidence l'extrême ressemblance de la nervation d'ensemble des cotylédons; en particulier, la nervure médiane se montre très pareillement dichotome.

Il paraît difficile de faire intervenir des phénomènes de convergence pour expliquer une telle similitude. Il s'agit là, vraisemblablement, d'un caractère ancestral resté commun entre les deux espèces et cela constitue un argument nouveau en faveur du rapprochement étroit des Euphorbiacées et des Sterculiacées, rapprochement déjà fait par Hallier, je le rappelle, d'après tout un ensemble de caractères morphologiques et anatomiques.

BOTANIQUE. — *Sur la « période critique du blé ».*
Note de M. J. Beauverie, présentée par M. Gaston Bonnier.

Le professeur Azzi appelle « période critique » celle qui précède l'épiage d'une façon immédiate et qui l'accompagne dans ses débuts. C'est pendant l'épiage que s'accomplit la véritable floraison avec la fécondation qui se fait à huis-clos. De la façon dont s'effectue l'épiage dépend pour la plus large part le rendement final ainsi que l'ont précisé les expériences d'Azzi. Le rendement en grains est en relation directe avec les pluies pendant la « période critique », les pluies ultérieures n'ont que peu d'influence. Nous verrons que si elles ont été suffisantes pendant ladite période et que si elles viennent à manquer complètement après, le rendement n'en sera que meilleur (1921). Cette période comprend les trois décades qui précèdent la sortie des épis et une quatrième qui l'accompagne.

Nous avons pu noter les dates d'épiage de 50 variétés ou lignées cultivées au Jardin botanique de Clermont et, grâce à des correspondants, celles des diverses variétés cultivées dans le département du Puy-de-Dôme. Sans insister sur les fluctuations qu'engendrent l'époque du semis, l'altitude et les conditions climatériques, nous pouvons dire que la période d'épiage oscille dans les limites suivantes : elle commence généralement entre le 25 mai et le 10 juin pour se terminer du 5 au 20 juin. La plus grande fréquence correspond à la première décade de juin. On peut dire que la

(1) J'ai pu étudier les cotylédons de cette dernière espèce, grâce aux germinations obtenues au Jardin des Plantes de Caen.

période critique répond aux trois décades de mai et à la première décade de juin.

Il est très important, si l'on veut se livrer à la sélection généalogique, de bien connaître le climat où l'on va opérer, de façon à choisir les lignées dont les phases de végétation cadrent le mieux avec les phases favorables du climat moyen. On ne peut déterminer le climat d'une localité que par des moyennes établies sur le plus grand nombre possible d'années. Pour cela les données fournies par les observatoires météorologiques et leurs sous-stations seront de la plus grande utilité. Nous cherchons donc à caractériser le climat des régions du Puy-de-Dôme au point de vue de son influence sur certaines cultures, en mettant à profit les chiffres recueillis par l'Observatoire depuis 20 ans. Obligé de sérier les questions, nous avons commencé par l'étude de la « période critique ». Nous avons établi les moyennes des pluies depuis 20 ans, par décades, des mois de mai et juin où se situe ladite période. Ce travail, assez considérable, a pu être effectué grâce au concours de notre assistant, M. Boutrolle. Nous avons cherché à délimiter quelle est l'époque qui, par la hauteur des précipitations et leur constance, répond le mieux aux exigences de la période critique du blé.

Avant d'indiquer les résultats de cette enquête nous voulons montrer comment, à défaut des expériences d'Azzi, la simple observation comparative des faits des années 1921 et 1922 démontre l'utilité d'une période pluvieuse continue correspondant à ce que nous avons défini ci-dessus la « période critique ». L'année 1921 fut celle de rendements qui n'avaient encore jamais été atteints; en 1922, au contraire, le rendement est inférieur de $\frac{1}{4}$ au précédent. Or, la comparaison des précipitations atmosphériques au cours des périodes critiques des deux années nous montre ceci : En 1921 les quatre décades précédant et accompagnant l'épiage (trois de mai et la première de juin) furent fort « humides » (par définition, une décade « humide », est celle où il est tombé plus de 5^{mm} d'eau) soit respectivement : $22^{mm},2$; $60^{mm},9$; $65^{mm},6$; $12^{mm},6$. Pour la montagne les chiffres sont plus élevés encore que pour la plaine. Par conséquent, toutes les décades sont « humides », aucune n'est « sèche », pour employer la terminologie de Azzi. Il ne tombe plus ensuite une goutte d'eau jusqu'à la récolte.

Durant l'année 1922, nous trouvons pour les quatre décades de la période critique les hauteurs de pluie suivantes : $4^{mm},5$; $20^{mm},1$; 0; 43^{mm}. Il y eut donc deux décades sèches sur les trois premières, la quatrième vient heureusement sauver la situation; ensuite, jusqu'à la récolte nous rencontrons beaucoup de décades humides, mais l'eau n'est pas survenue au moment

favorable. Tirons encore cette conclusion que l'échaudage ne paraît pas à craindre si la période critique a comporté ses quatre décades humides.

Précisons maintenant comment se répartissent les pluies dans une localité donnée (Limagne) au cours d'une période de vingt années à l'époque qui précède l'épiage. Nous allons résumer notre travail en nous servant de la terminologie préconisée par Azzi.

On cherche à établir les « probabilités de sécheresse » pendant les décades de mai et celles de juin. La « probabilité de sécheresse » se définit ainsi. On calcule pour une localité donnée et pour un long intervalle de temps (ici 20 années) le nombre de fois où une décade considérée a été sèche (on admettra qu'une décade sèche est celle pendant laquelle il est tombé moins de 5^{mm} de pluie) et, en rapportant ce nombre à 100, on aura, dans le chiffre obtenu, la probabilité de sécheresse pour cette décade. Soit, par exemple, la première décade de mai : à l'Observatoire de la côte de Landais (Puy-de-Dôme) elle a été sèche deux fois au cours de vingt années, on dira que la probabilité de sécheresse de cette décade est de 2 pour 20 ou, en ramenant à 100, de 10 pour 100.

D'après ces données, nous trouvons que de 1901-1920 les probabilités de sécheresse ont été respectivement pour les décades suivantes :

	Clermont (Rabanesse 388^m et côte de Landais 400^m). pour 100	Orcines 832^m. pour 100
1re décade de mai......	10	5
2e »	25	15
3e »	15	20
1re décade de juin......	30	25
2e »	15	10

Rappelons ici les données rapportées plus haut relatives aux années 1921 et 1922. La première, qui donna les plus forts rendements connus en France, eut les quatre premières décades ci-dessus avec 0 de sécheresse; la sécheresse du reste de l'été fut, au contraire, absolue. Il est intéressant de remarquer, à ce propos, que l'année qui nous donna en France le plus fort rendement après 1921 fut 1907, qui présenta l'été le plus sec après celui de 1921.

Il résulte des observations ci-dessus que, dans la région considérée, on devra donner comme but à la sélection de faire coïncider la période critique du blé avec les trois premières décades de mai, car, au delà, les proba-

bilités de sécheresse augmentent brusquement, en montagne comme en plaine.

C'est parce que, en France, cette coïncidence s'effectue normalement, la plupart du temps, que notre pays est avant tout, au point de vue agricole, le pays du blé. Il faut tendre à rendre cette coïncidence, entre les exigences du blé et les faveurs de notre climat, encore plus parfaite. Par la sélection on choisira, dans les variétés ou lignées offertes par la nature ou obtenues par l'hybridation, celles dont la période critique coïncide avec ces décades ou, encore, on pourra modifier l'époque du semis pour tendre à ce résultat.

On ne peut prévoir le temps qu'il fera l'an prochain, mais, en adaptant la culture au climat moyen, on pourra diminuer les risques et accroître le rendement si l'on calcule, non pas sur une année qui peut être exceptionnelle, mais sur une période de plusieurs années.

BIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Sur un hybride stérile d'Epeautre et de Seigle.* Note de M. L. **Blaringhem**, présentée par M. L. Guignard.

Le 7 juin 1921, j'ai castré 5 épis d'Epeautre d'été blanc, sans barbes, (*Triticum Spelta* L. var. *T.*), à épis très lâches (*densité moyenne* 20) et à paille creuse, que j'ai fécondés le 13 juin avec le pollen abondant d'un Seigle (*Secale cereale* L.), à grains verts et épis relativement compacts (*d. m.* 27), à paille fine, velue et presque pleine au sommet. Deux épis ont fourni, l'un, 3 grains pleins rouge foncé, l'autre, 2 grains ridés gris pâle; en 1922, j'en ai obtenu 5 plantes très vigoureuses et stériles.

1° *Xénie.* — J'avais noté à la récolte l'action visible sur les grains pleins du pollen étranger; une épreuve, répétée avec les mêmes parents en 1922, permet d'en préciser les caractères. Les grains *Spelta T.* sont gros, bombés, à fente peu profonde, blanc rougeâtre et lourds (*poids moyen* 47^{mg}); les grains hybrides obtenus d'une première plante mère sont rouge foncé, ridés transversalement, presque cylindriques comme les grains du Seigle, mais plus légers (25^{mg}); ceux d'une autre plante mère sont blanc terne, très ridés, et leur poids ne dépasse pas 10^{mg}. Le croisement de la même Epeautre avec l'hybride stable *Tr. monococcum* $\times$ *durum*, entre autres épreuves, a montré la grande fertilité des ovaires, puisque 42 fleurs castrées ont donné 26 grains très beaux, à poids moyen 36^{mg}; et même, j'en ai obtenu un grain, malheureusement presque avorté (8^{mg}) à la suite de la pollinisation de 3 épis *Spelta T.* castrés par *monococcum* type. Ainsi

l'Epeautre, très féconde lorsqu'elle est pollinisée artificiellement par la plupart des Blés cultivés, est susceptible d'être fécondée par *Tr. monococcum* et par *Secale cereale*. Lorsque les grains sont pleins et bien formés *les caractères de xénie sont très apparents*. Il faut attribuer à des tendances particulières aux plantes mères la faculté de donner avec le pollen de Seigle des grains pleins, ou des grains maigres ridés; les uns et les autres sont fertiles.

2° *Vigueur de l'hybride.* — Les 5 grains de 1921 ont été semés en pots sous châssis le 13 mars 1922; les plantules, repiquées en pleine terre et encadrées d'autres Céréales aux distances habituelles, ont poussé vigoureusement et donné 37, 36, 31, 24 et 22 talles portant de très beaux épis, *tous stériles*. La croissance fut rapide, mais non limitée comme chez les parents avec la floraison; elle continue le 10 octobre pour certains talles tardifs et j'espère même pouvoir conserver les 5 plantes vivantes jusqu'après l'hiver. La taille des chaumes fertiles de *Spelta T.* ne dépasse pas 112^{cm}, celle du Seigle 125^{cm}; *tous les chaumes* de l'hybride ayant fleuri de juin à fin août sont compris entre 165^{cm} et 140^{cm}. Il s'ensuit qu'en limitant à cette date la croissance, le parent *Spelta T.* a construit en moyenne 7^g (avec les grains 12,5) de matière sèche aérienne, le parent *Secale* 10^g (avec les grains 14,3) alors que l'*hybride donne* 130^g, soit *au moins huit fois la matière sèche des parents*, dans le même temps.

3° *Caractères de l'hybride.* — Ils sont pour partie ceux du père, mais surtout ceux de la mère. Doivent être attribués à *Secale*, la pilosité marquée du sommet des chaumes, la tendance prononcée à porter des barbes, l'allongement des glumes et des glumelles, aiguës et striées de vert comme chez le Seigle; à l'Epeautre, les chaumes épais au sommet et aux nœuds, très creux, les feuilles à gaines longues, à limbe large, vert foncé. Les épis eux-mêmes, malgré la forme des glumes et des glumelles, sont du type *Spelta*, avec même compacité que la mère (*d. m.* 20); l'allongement des axes d'épillets et la formation parfaite de la troisième et parfois de la quatrième fleur doivent être attribués à la longue durée de la floraison et par conséquent à la nature hybride. *Il est remarquable*, et je le vérifie sur toute une série d'hybrides interspécifiques, *que les caractères d'organisation*, axes, port, texture des feuilles, couleur des pigments, distribution des ramifications (épillets) *soient strictement maternels, alors que les caractères superficiels et ornementaux*, pilosité des axes, barbes, pointes des glumes et des glumelles, coloration de l'albumen, *qui se comportent d'ordinaire comme caractères mendéliens et alors sont dominants*, rappellent ou *reproduisent parfaitement le type paternel*.

4° *Structure anatomique.* — La teinte vert clair des leucites chlorophylliens est nettement maternelle; la structure des tissus profonds aussi. Même lacune médullaire large, alors qu'elle est réduite ou obstruée chez le Seigle; même distribution du sclérenchyme cortical formé de grandes cellules peu lignifiées, avec piliers où s'attachent les arcs de soutien des faisceaux vasculaires. Chez le Seigle, les faisceaux sont noyés dans un tissu épais de très petites cellules fortement sclérifiées et sont d'ailleurs plus petits (section transversale : $100^{\mu} \times 60^{\mu}$, contre $180^{\mu} \times 120^{\mu}$ pour *Spelta*, $200^{\mu} \times 160^{\mu}$ pour l'hybride). Les nombres des faisceaux de premier ordre sont respectivement 10 chez *Secale*, 16 chez l'hybride, 18-19 chez *Spelta T.*; les gros vaisseaux, à lacune très ouverte chez l'hybride, sont en rapport avec la transpiration prolongée et la lente dessiccation des tissus. L'ensemble rappelle les caractères de *gigantisme infantile* constaté déjà chez l'hybride stérile *monococcum* × *durum* (1913).

5° *Floraison.* — L'hybride en fleur rappelle exactement un Seigle, qui, par son isolement, se féconderait mal; les glumes et les glumelles largement étalées laissent voir les étamines courtes, grêles et effilées, vides, qui se dessèchent, tandis que les ovaires à stigmates étalés atteignent des dimensions linéaires doubles de celles des ovaires à point pour la fécondation chez le Blé et chez le Seigle. J'ai constaté qu'ils pouvaient rester deux semaines en turgescence et, sur cent épis au moins, j'ai fait répandre, tous les deux jours, quantité de pollen de Seigle et du pollen de Blés Epeautres et divers, sans obtenir aucun fruit; les apparences de formation de grains ont évolué en Ergots. *Les 5 plantes ont donné jusqu'à présent* 187 *épis totalement stériles.* D'autres Blés (*Tr. turgidum*), croisés avec le Seigle, me donnent par contre des lignées partiellement fertiles.

BIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Observations et expériences sur les fleurs éphémères.* Note [1] de MM. **Adrien Davy de Virville** et **Fernand Obaton**, présentée par M. Gaston Bonnier.

Les fleurs éphémères, c'est-à-dire celles dont la corolle ne s'épanouit ordinairement qu'une seule fois, sont très sensibles aux variations des conditions extérieures. On pourrait croire que l'ouverture et la chute ou la fermeture de leurs corolles se produisent à des heures déterminées au cours desquelles varient à la fois la température, l'état hygrométrique et la

(1) Séance du 9 octobre 1922.

lumière. Elles feraient donc partie de ce que Linné appela jadis l' « Horloge de Flore ». Nous nous sommes proposé de rechercher par des observations, puis par des expériences, l'action des principaux facteurs qui peuvent influer sur ces phénomènes.

I. *Observations.* — Nous avons relevé d'heure en heure le degré d'épanouissement des fleurs, et nous avons noté en même temps la température (T), l'état hygrométrique (E), ainsi que l'intensité de la radiation lumineuse (L) par un procédé qui sera décrit ultérieurement.

Les fleurs éphémères se divisent en deux catégories : celles dont la corolle tombe ouverte et celles dont la corolle se détache après s'être refermée.

Parmi les premières on peut mentionner l'*Helianthemum guttatum.*

Helianthemum guttatum.

Heures.	T.	E.	L.	Observations.
6...	11°	100	6	Les fleurs sont en boutons.
7...	13,5	100	6	Les pétales s'écartent.
8...	14,5	100	6	Les pétales continuent à s'écarter.
9...	15	98	7	Ralentissement de l'ouverture de la fleur.
10...	17,5	88	8	Le mouvement d'ouverture reprend et les fleurs arrivent à leur maximum d'épanouissement.
11...	18	73	9	Les corolles tombent.
12...	22,5	60	12	Toutes les corolles sont tombées.

On voit par ce tableau qu'il y a un rapport très étroit entre l'élévation de la température et l'ouverture des corolles. Il n'en est pas de même pour l'état hygrométrique et la lumière puisque entre 6^h et 8^h ces facteurs restent constants et que l'ouverture de la fleur se produit néanmoins.

Comme plantes éphémères à corolle caduque fermée, nous citerons l'*Anagallis arvensis.*

Anagallis arvensis.

Heures.	T.	E.	L.	Observations.
6...	12,5°	100	5	Les corolles sont fermées.
7...	13,5	100	7	Les corolles restent fermées.
8...	14,5	89	8	Les lobes des corolles commencent à s'écarter.
9...	18	78	7	Le mouvement d'ouverture des corolles s'accentue.
10...	19,5	63	9	Les lobes de la corolle continuent à s'écarter.
11...	19,5	52	10	Le mouvement d'ouverture se ralentit.
12...	31	38	13	Les fleurs sont ouvertes au maximum.
13...	26	35	10	Les corolles se referment.
16...	21	56	7	Toutes les fleurs sont fermées; dans la nuit suivante ou le lendemain matin, la corolle se détache.

Ce tableau suggère les mêmes observations que le précédent.

Quand la température est insuffisante pour provoquer l'ouverture complète de la fleur d'*Anagallis*, celle-ci, s'étant refermée, se rouvre le lendemain, établissant un passage entre les fleurs éphémères et les fleurs persistantes, qui s'ouvrent et se referment un certain nombre de fois avant de se flétrir.

II. *Expériences.* — Ces observations nous ont amené à étudier expérimentalement chacun des trois facteurs qui semblent avoir une action sur l'épanouissement des fleurs éphémères.

Action de la température. — Nous avons placé des exemplaires de ces diverses espèces dans une étuve à double paroi, vitrée d'un côté, et renfermant de la glace entre les parois latérales; l'éclairement était le même à l'intérieur de l'étuve qu'à l'extérieur.

Citons les expériences relatives à l'Hélianthème.

Helianthemum guttatum.

Heures.	T.	E.	Observations.
Dans l'étuve froide :			
8	8°,5	80	Les fleurs sont en bouton et ne s'épanouissent pas.
11	7	79	
12	8	74	
14	8	71	
16	9	70	
Dans les conditions naturelles :			
8	12	100	Les fleurs sont encore fermées.
11	13	100	Les fleurs s'ouvrent.
12	13	90	Le mouvement d'ouverture se ralentit.
14	15	85	Le mouvement reprend; les fleurs sont ouvertes.
16	18	72	Les fleurs sont tombées.

Ce tableau montre qu'une température de 9° est insuffisante pour permettre l'éclosion des boutons d'Hélianthème.

Si l'on place une plante portant des fleurs à demi-ouvertes dans cette étuve froide, ces fleurs restent dans le même état pendant quatre ou cinq jours et elles finissent par se flétrir sans s'ouvrir ni se fermer. On a ainsi transformé une fleur éphémère en une fleur persistante.

Action de la lumière. — Des expériences comparatives ont été faites sur

diverses espèces de fleurs éphémères. Voici les résultats obtenus avec le *Phœnopus muralis*. Un exemplaire de cette espèce fut placé à 6^h dans une chambre noire où la température était égale à 15° et l'état hygrométrique à 75. A 7^h, les capitules étaient complètement épanouis et ne se refermèrent qu'à 17^h. Dans les conditions naturelles, où la température ne dépassa pas 12°,5 et où l'état hygrométrique fut toujours égal à 100, les capitules de *Phœnopus* ne se sont ouverts qu'à moitié et seulement vers 13^h pour se refermer à 16^h. Donc la lumière n'a aucune influence sur l'ouverture des fleurs éphémères.

Action de l'état hygrométrique. — Nous avons étudié l'influence de l'état hygrométrique de l'air en plaçant des pieds d'Hélianthème sous deux cloches. L'une des cloches était maintenue à un état hygrométrique égal à 100, tandis que l'autre contenait de l'air desséché par du chlorure de calcium et son hygromètre marquait 45 environ. Dans ces conditions, nous avons constaté qu'un abaissement de l'état hygrométrique c'est-à-dire un air un peu plus sec favorise légèrement l'ouverture et la chute des corolles.

En résumé, la lumière n'a aucune action sur l'ouverture, la chute ou la fermeture des corolles des fleurs éphémères. L'état hygrométrique en a très peu. C'est surtout la température qui influe sur l'épanouissement des fleurs éphémères.

CHIMIE VÉGÉTALE. — *Rhinanthine et aucubine. La rhinanthine est de l'aucubine impure.* Note de M. **Marc Bridel** et de Mlle **Marie Braecke**, présentée par M. L. Guignard.

La rhinanthine a été extraite par Ludwig, en 1870, des graines du *Rhinanthus Crista-galli* L. Les propriétés que cet auteur lui a attribuées sont peu précises et aucun de ceux qui se sont occupés, après lui, du même glucoside, ne les a précisées.

D'après Ludwig, la rhinanthine donne à l'hydrolyse par l'acide sulfurique étendu, à chaud, un produit noir insoluble, la *rhinanthogénine* et un sucre réducteur caractérisé comme glucose par son pouvoir rotatoire, pourtant peu exact ($\alpha_D = +50°$). Il se dégage, au cours de l'hydrolyse, une odeur aromatique « rappelant l'essence d'amande amère, odeur en même temps aldéhydique ».

Ludwig ne parle pas du pouvoir rotatoire de la rhinanthine. Il ne signale

pas son hydrolyse par les ferments. Séchée à l'air, la rhinanthine cristallise avec 10 pour 100 d'eau et fournit, par hydrolyse, 63 pour 100 de glucose et 26,7 pour 100 de rhinanthogénine. Les trois analyses de ce glucoside, faites sur des produits venant de trois préparations différentes, ne sont pas concordantes, la proportion de carbone variant de 44,06 à 47,94 pour 100.

L'aucubine a été découverte, en 1905, par Bourquelot et Hérissey dans les graines d'*Aucuba japonica* L. Cristallisée dans l'alcool à 85^c, elle se présente sous forme d'aiguilles incolores, groupées en rosette. Elle fond à +181° (corr.). Elle est lévogyre, $\alpha_D = -164°,9$, et renferme de 5,36 à 5,90 pour 100 d'eau. Sa composition répond à la formule $C^{13}H^{21}O^9$ ou $C^{13}H^{19}O^8.H^2O$. L'aucubine est hydrolysée à froid par l'acide sulfurique à 1 pour 1000, avec formation d'un précipité noir. Il se dégage, en même temps, une odeur aromatique rappelant un peu celle de l'aubépine. L'émulsine l'hydrolyse en donnant également un précipité noir. Le sucre réducteur formé au cours du dédoublement a été caractérisé comme glucose de façon indiscutable. L'autre produit de dédoublement, l'*aucubigénine*, n'a pu être isolé, car il se transforme spontanément en un produit noir insoluble. On obtient 53 à 55 pour 100 de glucose et 41 à 42 pour 100 de produit noir insoluble, les chiffres théoriques étant de 56,07 et 43,92 pour 100.

L'idée d'une identité possible entre la rhinanthine et l'aucubine nous est venue quand nous avons eu extrait de l'aucubine des graines de *Melampyrum arvense* L. (1), desquelles Ludwig et Muller avaient retiré de la rhinanthine. Mais, pour élucider complètement cette question, il nous a fallu étudier la composition des graines de *Rhinantus Crista-galli* L. qui nous ont fourni à l'état pur et cristallisé de l'aucubine et du saccharose (2).

Rhinanthine et aucubine devraient donc présenter les mêmes propriétés. Comment se fait-il qu'elles n'ont pas la même composition centésimale ? que la rhinanthine donne à l'hydrolyse 10 pour 100 de glucose de plus que l'aucubine et 14 pour 100 de précipité noir de moins ?

La présence simultanée d'aucubine et de saccharose dans les graines du *Rhinanthus Crista-galli* L. va nous permettre de répondre à ces questions.

---

(1) *Sur la présence de saccharose et d'aucubine dans les graines du* Melampyrum arvense *L.* (*Comptes rendus*, t. 173, 1921, p. 1403).

(2) *Sur la présence d'aucubine et de saccharose dans les graines du* Rhinanthus Crista-galli *L.* (*Comptes rendus*, t. 175, 1922, p. 532).

On a vu précédemment [1] que l'obtention à l'état pur de l'aucubine retirée de ces graines est assez difficile à réaliser et qu'il a fallu quatre cristallisations successives en variant les dissolvants pour y parvenir. D'un autre côté, en cherchant à préparer le saccharose, nous avons obtenu, à plusieurs reprises, des mélanges d'aucubine et de saccharose, et c'est pour cela qu'il nous a fallu passer par la combinaison barytique de ce sucre pour arriver à l'extraire. Or Ludwig, dans la préparation de sa rhinanthine, n'a jamais employé comme dissolvant que l'alcool éthylique, anhydre ou hydraté : il n'a donc pas pu réaliser la séparation difficile de l'aucubine et du saccharose.

La composition centésimale de la rhinanthine concorde avec cette manière de voir, comme on s'en rendra compte en examinant le Tableau ci-dessous, dans lequel les chiffres des analyses de trois échantillons différents de rhinanthine se trouvent entre ceux du saccharose et de l'aucubine :

		Rhinanthine.			
	Saccharose.	I.	II.	III.	Aucubine.
C..................	42,10	44,06	46,01	47,94	51,48
H..................	6,43	7,64	8,05	7,57	6,27
O..................	51,46	48,30	45,94	44,49	42,24

En outre, le fait que la rhinanthine donne à l'hydrolyse plus de sucre et moins de produit noir que l'aucubine est conforme aux propriétés d'un mélange aucubine-saccharose.

En effet, par la présence du saccharose dans le mélange, la proportion de précipité noir doit se trouver diminuée puisque le saccharose n'en fournit pas à l'hydrolyse, alors que la proportion de sucre réducteur doit se trouver augmentée puisque le saccharose en fournit beaucoup plus que l'aucubine : 105,25 pour 100 au lieu de 56,07. Le calcul nous indique que pour obtenir 63 pour 100 de sucre réducteur avec un produit renfermant 10 pour 100 d'eau, comme la rhinanthine de Ludwig, il faut que ce produit renferme 25 parties de saccharose et 75 parties d'aucubine.

Il nous semble que ces faits prouvent suffisamment la présence du saccharose dans la rhinanthine.

Nous conclurons donc que le produit retiré par Ludwig, en 1870, des graines du *Rhinanthus Crista-galli* L., et appelé « rhinanthine », n'est pas un produit pur : c'est un mélange en proportions variables avec les échan-

(1) *Loc. cit.*

tillons étudiés de saccharose et d'aucubine. En conséquence, le nom de *rhinanthine* ne pouvant plus prétendre à désigner un principe immédiat, chimiquement défini, doit disparaître de la littérature chimique.

PHYSIQUE BIOLOGIQUE. — *Sur les variations des ions* H^+ *au voisinage des œufs en division.* Note [1] de M. **Fred Vlès**, présentée par M. Henneguy.

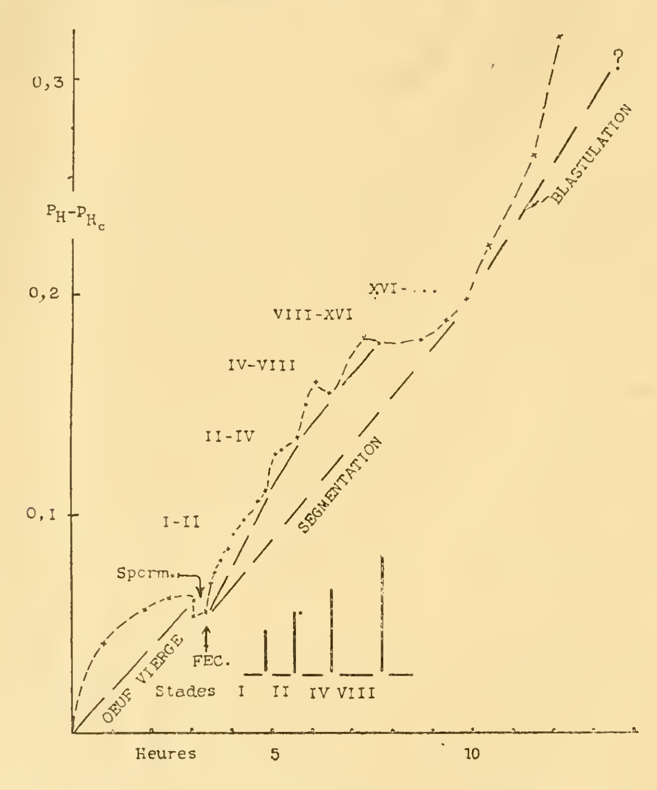
Si l'on place des œufs d'Oursin en division dans de l'eau de mer isolée sous vaseline et additionnée d'un indicateur coloré approprié, et qu'on installe le système devant un spectrophotomètre, il sera possible de déterminer à partir de mesures sur l'absorption de l'indicateur, en suivant d'aussi près que l'on voudra l'évolution des œufs, les variations du p_H au voisinage immédiat de ceux-ci; c'est en somme une modification de la méthode connue d'Osterhout et Haas, dont la sensibilité est ainsi notablement augmentée. Une telle opération nécessite d'une part le choix d'indicateurs dont la toxicité soit négligeable pour l'œuf, et d'autre part l'établissement d'une courbe d'étalonnage qui fournisse le p_H en fonction d'une variable caractérisant l'équilibre de tautomérisation de l'indicateur [2]; cette courbe est construite une fois pour toutes à partir des « tampons » classiques (borate-acide borique de Palicz) avec les corrections de salinité d'usage. Les mesures et la courbe doivent permettre au point de vue relatif l'approximation de la troisième décimale du p_H. Nous avons essayé comme indicateurs la phénolphtaléine (λ 556) et la thymolsulfonephtaléine (λ 600), dont les toxicités ont été étudiées par les variations de vitesse apportées au développement d'œufs d'Oursin normaux; le

---

(1) Séance du 9 octobre 1922.

(2) Variable choisie : $R = \dfrac{\text{molécules du tautomère indicatif}}{\text{molécules totales d'indicateur}} = \dfrac{v.\text{colog}\,\dfrac{i}{i_0}}{K\,lq}$ $\left[\dfrac{i}{i_0}\right.$ transmission photométrique pour la longueur d'onde choisie; v, volume du liquide; K coefficient d'absorption (gr / cm³); l, épaisseur; q quantité d'indicateur introduite$\left.\right]$. L'avantage de cette variable est que $R = f(p_H)$ est dans des limites assez larges pratiquement indépendante de variations de q, et qu'une seule courbe est suffisante pour divers types d'expérience.

premier indicateur, plus commode que le second au point de vue optique, a l'inconvénient d'être moins inoffensif que celui-ci. Douze expériences, représentant plus de 300 mesures spectrophotométriques, ont été effectuées, chacune nécessitant environ 2.10^5 œufs de *Paracentrotus lividus* examinés sur une dizaine de centimètres de long.



Dans de telles conditions, l'observation montre de façon constante que le p_H de l'eau de mer environnant les œufs en segmentation, lequel diminue d'une façon grossièrement régulière, varie dans le détail suivant un mode très particulier : *son évolution est nettement cyclique*, la courbe formant pour chacun des premiers stades de la segmentation une boucle plus ou moins accentuée dans laquelle la variation est rapide au début et ralentie vers la fin, immédiatement avant la scission bipartitrice. Les boucles successives sont d'amplitudes de plus en plus réduites, jusqu'à devenir indistinctes vers le stade XXXII ; à leur suite l'apparition de la cavité de segmentation se signale par une inflexion assez apparente, témoin d'un changement de métabolisme (voir la figure).

Il est certain que l'émission du CO^2 respiratoire par les œufs en division intervient dans la variation globale de leur p_H périphérique, mais il n'est pas évident *a priori* que les diverses phases de la segmentation ne puissent être l'origine d'échanges d'autre nature susceptibles de modifier l'équilibre des ions H^+ extérieurs : l'émission ou l'absorption de divers ions, l'intervention de colloïdes analogues à l'important colloïde négatif qui entoure l'œuf ou au colloïde positif de l'espace périvitellin (Mac Clendon) etc. (¹). Cependant, les calculs de transformation totale du p_H en CO^2 telle qu'on peut la faire avec des abaques analogues à celles de Mac Clendon (et établies pour l'eau de mer employée), ont fourni en première approximation des chiffres grossièrement du même ordre (peut-être cependant légèrement plus forts) que ceux donnés par dosages chimiques directs du CO^2; il n'est par conséquent pas impossible que l'émission du CO^2 soit responsable du phénomène cyclique au moins pour une part. Il faut rappeler que déjà en 1904 Lyon, faisant barboter de l'eau privée de CO^2 autour d'œufs en division et recueillant les gaz dans l'eau de baryte, avait cru remarquer que le trouble barytique n'apparaissait pas d'une façon régulière mais discontinue ; mais cette expérience paraît aujourd'hui d'interprétation assez délicate, l'air sans CO^2 modifiant par un partage complexe l'équilibre des carbonates de l'eau de mer : et de fait Warburg (1915), reprenant l'étude de la respiration de l'œuf d'Oursin par d'autres méthodes, rejetait sans insister l'observation de Lyon.

Il est impossible de ne pas rapprocher les perturbations cycliques des ions H^+ de l'ensemble des autres phénomènes cycliques signalés dans l'évolution de l'œuf : en particulier les cycles de perméabilités d'Herlant et les variations de viscosité d'Heilbrunn ; les trois phénomènes sont vraisemblablement liés les uns aux autres, le départ par bouffées de la substance qui abaisse le p_H extérieur devant par contre-coup élever le p_H intérieur et par là modifier l'équibre des colloïdes ovulaires.

L'application de la technique précédente à l'œuf vierge montre une évolution très différente : une seule boucle peut quelquefois (sans généralité) être vue au tout début de la mise en observation des œufs, cycle qui correspond peut-être à une séquelle de la maturation nucléaire; la fin de cette boucle se continue par une droite peu inclinée, susceptible de se poursuivre

(¹) La part possible de phénomènes de sédimentation de milieux troubles (sperme, etc.) avait été étudiée sur des expériences de contrôle.

sans perturbations pendant plusieurs heures, et signalétique de la réduction extrême des échanges de l'œuf; sur cette droite, le début du cycle de l'œuf fécondé se greffe avec un relèvement de pente considérable, immédiat et paraissant précéder de beaucoup les changements d'aspect nucléaires. Tous les auteurs (Warburg, Loeb et Wasteneys, Meyerhoff, Schaerer) ont insisté sur le brusque relèvement des oxydations (donc de production de CO^2) qui succède à la fécondation; mais il faut remarquer qu'ici des relèvements analogues qui n'ont guère d'importance inférieure se voient à la jonction de deux boucles successives de stades quelconques. A la fin de chacun des stades les blastomères de l'œuf divisé tendent vers un régime d'échanges ralentis analogue à celui de l'œuf vierge, régime dont les uns et l'autre sont libérés par un facteur amorçant une fuite dans la paroi et déclenchant une perméabilité passagère, contact du spermatozoïde avec la paroi d'une part, remaniements de cette paroi accompagnant la scission bipartitrice de l'autre.

BIOLOGIE. — *Rôle trophique des Oiseaux à l'égard des Culicines.* Note de M. J. Legendre, présentée par M. E. Bouvier.

Poursuivant à Beyrouth les études commencées en 1908 en Chine, continuées au Tonkin, puis en Saintonge et en Provence, sur l'attraction exercée par les animaux domestiques à l'égard des moustiques qui aiment à se nourrir sur eux, et sur la protection qui en résulte pour l'homme contre les maladies transmises par ces insectes, j'ai porté mes observations uniquement sur les Culicines, car les Anophélines, quoi qu'on en ait dit, n'existent pas dans la ville de Beyrouth et sont extrêmement rares dans sa banlieue.

Les Culicines les plus répandus sont *Culex pipiens* et quelques espèces voisines et *Stegomyia fasciata*. Ils pondent dans les réservoirs d'eau : en terre, en bois, en métal, en ciment entretenus dans les camps, les jardins et les vergers de la ville contre l'incendie ou pour l'arrosage des cultures.

Mes recherches ont été faites à mon domicile et dans un établissement où un gîte à larves de *Culex* était voisin de la basse-cour contenant un grand nombre de poules, lapins et pigeons.

« *Culex pipiens* » *et espèces voisines.* — J'avais remarqué l'hiver, en recherchant des Anophèles, que les Culicines se trouvaient fréquemment dans les cages à lapins et les poulaillers. A mon domicile, je notai la pré-

sence de *Culex* plus ou moins nombreux le matin sur les moustiquaires et dans le cabinet de toilette, alors qu'on n'en apercevait que peu ou pas le soir. C'est le contraire de ce qui se passe habituellement. Je soupçonnai que ces moustiques pénétraient chez moi au petit jour après avoir passé la nuit à l'extérieur pour y faire leur repas de sang. Sachant par mes études antérieures que plusieurs espèces de Culicines préfèrent les animaux à l'homme, je capturai, dans les locaux indiqués, au cours du printemps et de l'été, période de grande activité des moustiques, des Culicines gorgés de sang et examinai au microscope leur contenu stomacal en vue de déterminer sur quels animaux, oiseaux ou mammifères, ils s'étaient nourris.

Les moustiques, pris dans un tube de verre, étaient étourdis par choc, l'emploi de l'éther coagulant le sang contenu dans leur tube digestif et en rendant la diagnose moins facile. Échelonnées de janvier à mi-septembre, mais plus nombreuses pendant les mois chauds, ces recherches m'ont démontré que sur 93 Culicines examinés (*C. pipiens* surtout et espèces voisines), 75, soit 81 pour 100, s'étaient nourris sur des oiseaux, tandis que 18 seulement, soit 19 pour 100, avaient piqué des mammifères.

Quels sont ces oiseaux et quels sont ces mammifères? A défaut de différences morphologiques entre les globules rouges des diverses espèces d'oiseaux, le lieu où les Culicines ont été capturés et la connaissance des rares espèces ornithologiques qui fréquentent le voisinage, m'ont permis de préciser qu'à mon domicile le moineau était en cause. En effet, l'évacuation sur la montagne des poules de mon voisin n'a pas modifié dans mon appartement le nombre des moustiques gorgés de sang d'oiseau; d'autre part, la situation à 3^{m} de ma chambre d'une voûte abritant des nids de moineau et la proximité (6^{m}) d'un eucalyptus donnant asile la nuit à plus d'une centaine de ces oiseaux familiers, m'autorisent à affirmer que le moineau (*Passer domesticus*) est bien le nourrisseur de *C. pipiens* et espèces voisines. On sait d'ailleurs que ce moustique en certain pays inocule au moineau le protozoaire sanguicole dénommé *Plasmodium Danilewski*. Dans l'autre établissement, les moustiques se trouvaient soit dans le poulailler, soit, le plus souvent, dans un local obscur contigu où ils se réfugiaient le jour; on en trouvait exceptionnellement chez les pigeons; dans les chambres habitées du même établissement situées à 20^{m} du poulailler, les *Culex* étaient rares ou absents. A partir du mois d'avril, on n'en voit plus dans les cages à lapins.

Quant aux mammifères dont le sang a été trouvé dans l'estomac des Culi-

cines pris à mon domicile, c'est probablement, dans la plupart des cas, sans que le fait puisse être nettement affirmé, du sang des chauves-souris qui fréquentent la nuit les gîtes à moineaux, où elles donnent peut-être la chasse aux moustiques. Ce n'est, en tout cas, pas du sang humain, car les dormeurs des chambres étaient bien protégés par des moustiquaires.

A Beyrouth, la protection de l'homme par les animaux contre les piqûres des Culicines autres que *Stegomyia fasciata* est donc très efficace; elle est réalisée pour les $\frac{4}{5}$ par les oiseaux (moineaux, poules et même pigeons, animaux domestiques ou semi-domestiques) et pour $\frac{1}{5}$ par les chauves-souris ou autres mammifères, dont l'homme à défaut des autres.

Ce rôle trophique des oiseaux à l'égard des Culicines, quoique moins exclusif, se rapproche de celui que j'ai noté en France, du lapin domestique vis-à-vis d'*Anopheles maculipennis*, agent de la malaria [1]. La poule est, en Syrie, l'objet d'un élevage extensif; chaque habitation à la ville et à la campagne a son poulailler. Les moineaux, qui s'élèvent spontanément, sont très abondants; ils font trois couvées annuelles, construisent leurs nids sous les voûtes ou les corniches des habitations ou, de préférence, sur les grands eucalyptus qui portent parfois une dizaine de ces nids. C'est sur ces arbres et sur quelques autres de haute taille que des bandes énormes de ces oiseaux passent la nuit, semant de guano le sol sous-jacent.

Dans les villes et les campagnes françaises où *C. pipiens*, *vulgo* cousin, est si commun et si importun, l'élevage des poules et la tolérance pour les moineaux peuvent être d'autant plus utiles pour attirer les moustiques qu'on n'use généralement pas de moustiquaire. Dans les villes, l'effectif insignifiant des oiseaux par rapport à celui de la population humaine explique les attaques nombreuses que les personnes subissent de la part de ces insectes qui, à défaut de leur nourriture préférée, n'hésitent pas à se jeter sur l'homme.

Dans la défense contre les moustiques, la *zooprophylaxie*, ou prophylaxie par le moyen des animaux, paraît de plus en plus appelée à rendre des services de premier ordre, elle explique le repos laissé par les moustiques zoophiles aux habitants dans les localités ou quartiers où les hasards de l'économie rurale ou urbaine l'ont spontanément réalisée. Cette zoophilie doit être étudiée et utilisée dans tous les pays qui ont à souffrir des Culicides.

---

(1) *Anophélisme et cuniculiculture* (*Comptes rendus*, t. 173, 1921, p. 600).

EMBRYOGÉNIE. — *Le mouvement sans nerf et le mouvement nerveux des embryons de Raiidæ.* Note de M. **Paul Wintrebert**, présentée par M. Henneguy.

Dans la sous-classe des Plagiostomes les ordres des *Selachoidei* et des *Batoidei* forment un groupe très homogène, dont les processus d'ontogenèse peuvent être ordonnés dans une même sériation. Il est donc à présumer que, chez ces animaux, les embryons qui vivent dans des conditions de milieu presque identiques (œufs pondus isolément dans la mer) possèdent des fonctions semblables. Cette hypothèse a été vérifiée chez *Raia punctata* Risso Le Danois et *Raia asterias* Rond. Le Danois. Ces raies présentent, avec quelques variantes, le mouvement sans nerf et les étapes physiologiques du mouvement nerveux que j'ai décrits chez *Scylliorhinus canicula* L. Gill (1).

A. Mouvement aneural. — L'apparition des premières contractions des muscles du corps a lieu à la fin du stade G de Balfour. Au stade H, l'embryon de *R. asterias* fléchit déjà la tête de chaque côté à angle droit. Fait intéressant, le temps que dure le développement, depuis le moment où l'œuf est constitué jusqu'à l'exécution des premiers mouvements, est beaucoup plus court que chez *Scylliorhinus* dans les mêmes conditions ambiantes : un œuf de *R. asterias* et un œuf de *S. canicula*, extraits le même jour d'oviductes de femelles capturées et suspendus côte à côte dans un grand vivier, à une température de 15°C., sont, au bout de quinze jours, le premier au stade H, le second seulement au stade A de Balfour.

1° *Observation.* — Le mouvement est *rythmé* dès le début. Chacune des bandes musculaires latérales droite et gauche possède une révolution propre et se contracte à son tour, régulièrement et *sans arrêt*. La durée des révolutions est d'une seconde et demie environ à 15° C.; elle est d'une seconde à 17°,5. Au stade H, les rythmes droit et gauche n'ont généralement pas la même durée; aussi voit-on se dérouler dans l'exécution du double mouvement les attitudes successives, boiterie, balancement égal, boiterie inverse, conjonction qui composent le *cycle des combinaisons motrices* déjà

(1) *La contraction rythmée aneurale des myotomes chez les embryons de Sélaciens :* I. Observations de *Scylliorhinus canicula* L. Gill (*Arch. Zool. exp. et gén.*, t. 40, p. 222-459, pl. VII; 39 fig. texte).

signalé chez *Ecylliorhinus*. Mais quand l'embryon est plus âgé, au stade I, on observe fréquemment une *égalisation des rythmes* qu'on ne rencontre jamais chez le Ecylliidé, et qui se manifeste par la répétition interminable de la même attitude. Théoriquement il semble que celle-ci doive être indifférente; en réalité, c'est presque toujours une boiterie légère, droite-gauche ou gauche-droite que l'on observe; elle dure des heures sans changement. Parfois, au milieu d'une période prolongée de claudications uniformes, apparaît une phase brève de modifications graduelles du mouvement; d'autres fois, la transformation progressive des attitudes est si lente que chaque combinaison se renouvelle 200 et 300 fois. Dans ce cas, la conjonction, qui se produit à son tour, détermine une annihilation durable des déplacements latéraux qui peut, à une vue dorsale de l'embryon, donner l'illusion d'une phase de repos, d'un arrêt; mais l'inspection latérale montre un relèvement rythmé de la tête au *cabrement* qui révèle la coïncidence des contractions. Les conjonctions partielles provoquent un mouvement de circumduction.

2° *Expérimentation.* — La prolongation durable d'une même attitude ne signifie pas qu'il y ait coordination entre les mouvements; celle-ci, qui est l'œuvre du système nerveux détermine en plus l'exécution des deux contractions à intervalles égaux; on reconnaît que le mouvement est toujours aneural, à ce que : 1° l'attitude n'est pas le « balancement égal »; 2° à ce qu'il ne se produit jamais d'arrêt. Mais en cas de doute, on peut faire apparaître expérimentalement la succession des attitudes aneurales. Il suffit de frotter légèrement avec un instrument mousse la zone active de l'une des bandes musculaires. On provoque par cette excitation l'accélération de ses battements et, partant, l'exécution de toute la série cyclique des mouvements aneuraux. Cette accélération est passagère. Si l'on compte dans les cycles qui se succèdent le nombre des battements bilatéraux, on constate le résultat de l'excitation. Il se produit d'abord un renouvellement plus vif des contractions de la bande musculaire excitée (12, 6, 4 attitudes dans le cycle); puis le rythme devient plus lent (46), phénomène qui peut être interprété comme un signe de fatigue; mais l'activité reprend (on compte 28, 32, 31, 32 attitudes); finalement, le nombre des attitudes subit une augmentation graduelle, qui tient à la répétition, de plus en plus prolongée dans le cycle, de la claudication légère constamment renouvelée avant l'intervention (60, 66, 80, 120, etc.), et qui s'installe à nouveau.

B. Mouvement nerveux. — L'établissement du « balancement égal » se

produit à la fin du stade K' [1]. On ne constate pas encore à ce moment d'arrêt bilatéral des battements, mais seulement la cessation parfois prolongée d'un seul battement. L'attouchement des myotomes actifs ne provoque plus qu'un désordre bref du rythme, aussitôt suivi d'une reprise du balancement égal. Au stade L, la cadence du balancement varie de vitesse et se trouve interrompue parfois par de courts arrêts bilatéraux qui durent le temps d'une à deux révolutions. Les contractions toniques spontanées apparaissent à la fin du stade L. Mais jusqu'à la fin du stade O, le mouvement dominant est le balancement égal; avec une régularité qu'on ne rencontre pas chez *Scylliorhinus* et qui est caractéristique de l'*automatisme nerveux*, il se reproduit sans interruption pendant de très longues périodes de temps.

ZOOLOGIE. — *Sur deux espèces de Langoustes des côtes d'Indo-Chine.* Note de M. A. Gruvel, présentée par M. Joubin.

Nous étions, jusqu'ici, extrêmement ignorants sur les Langoustes de notre grande colonie orientale. C'est ainsi que, quand en 1911, j'ai publié ma monographie des *Palinuridæ*, il m'a été impossible de citer, d'une façon certaine, les espèces que l'on rencontre sur les côtes d'Indo-Chine,

Par les récents envois de M. Krempf, directeur du Service océanographique des Pêches de l'Indo-Chine, nous sommes en mesure de préciser, pour deux formes au moins, les noms d'espèces et les localités. De nouveaux matériaux nous permettront de mettre au point cette question, qui n'est pas intéressante seulement au point de vue scientifique, mais aussi au point de vue économique.

Des deux espèces recueillies par M. Krempf, l'une d'elles se rapporte nettement au *Panulirus ornatus* Fabricius, dont les caractères spécifiques sont d'une netteté absolue. C'est cette même espèce que M. Petit a rencontrée en abondance sur la côte ouest de Madagascar. La variété *tæniatus* Lamarck, si abondante autour de Nossi-Bé, ne semble pas, jusqu'ici, se rencontrer sur les côtes d'Indo-Chine. Ces exemplaires de *P. ornatus* proviennent des côtes d'Annam (plage de Bata, île Tré, etc.), province de

---

[1] *Le stade K de Balfour chez les embryons de Sélaciens* (*Soc. de Biologie*, t. 87, p. 351-356, 11 fig.).

Nha-Trang. C'est cette espèce qui paraît être la plus commune; elle vit, comme à Madagascar, dans les anfractuosités des formations madréporiques anciennes. Leur prix varie de 10 à 25 sens, soit de $0^{fr},70$ à $1^{fr},90$, suivant les localités. Elle présente une aire de dispersion énorme, puisqu'on la rencontre à peu près dans tout l'océan Indien. Comme elle peut atteindre un poids de 4-5^{kg}, elle se prêterait, si elle est très abondante, à la fabrication d'excellentes conserves.

La deuxième espèce est le *Palinurus fasciatus* Fabricius, aussi nettement caractérisée que la précédente. Elle se rencontre aussi sur les côtes d'Annam, vers la pointe Kéga, dans la baie de Phantiet, à Bata et à l'île Tré, ainsi que plus au Sud, à Baria, près du cap Saint-Jacques (Cochinchine). Elle n'avait encore jamais été signalée dans ces parages et sa distribution géographique est encore fort mal connue. Bien qu'un peu plus petite que la précédente, cette espèce est néanmoins très intéressante, elle est d'un goût délicat, et se prêterait également à la fabrication des conserves.

N'oublions pas que le monde est inondé par les conserves de Langoustes du Cap et les Crabes du Japon. Le jour prochain, il faut l'espérer, où nous serons exactement renseignés sur la quantité de ces Crustacés, il sera possible de créer sur les côtes d'Indo-Chine, comme aussi sur celles de Madagascar, des usines importantes pour la préparation des conserves de ces animaux.

Il y a là un côté économique extrêmement important, qu'il importe de ne pas négliger à l'heure présente.

MÉDECINE EXPÉRIMENTALE. — *L'intoxication dysentérique du lapin et l'intoxication cholérique du cobaye par ingestion de toxines dysentérique et cholérique solubles.* Note de MM. **J. Dumas** et **D. Combiesco**, présentée par M. Roux.

L'injection sous-cutanée ou intraveineuse de 1^{cm^3} ou 2^{cm^3} d'une culture en bouillon ou d'une émulsion de bacilles de Shiga dans l'eau physiologique provoque chez le lapin l'apparition d'un certain nombre de symptômes bien étudiés par tous les auteurs qui se sont occupés de dysentérie expérimentale. Quelques jours après l'injection, les animaux présentent des paralysies des membres avec ou sans symptômes intestinaux. A l'autopsie, on observe un œdème considérable du cæcum, mais sans ulcération de la

muqueuse. Ces lésions cæcales du lapin diffèrent de celles observées chez l'homme. Il est difficile, sinon impossible, de reproduire chez cet animal l'infection dysentérique humaine caractérisée par l'émission de selles glairo-sanguinolentes, indiquant la présence d'ulcérations de la muqueuse du gros intestin.

Nous avons essayé en vain de reproduire ces lésions anatomiques en faisant ingérer des émulsions épaisses de bacilles de Shiga (corps microbiens de trois tubes de gélose inclinés émulsionnés dans 10^{cm^3} d'eau physiologique) à des lapins qui étaient à jeun depuis 24 heures, ou qui avaient été purgés le matin même avec du sulfate de soude, de l'huile de croton ou du podophyllin.

Les paralysies et les lésions cæcales ainsi observées après ingestion de grandes quantités de bacilles de Shiga sont déterminées par la toxine sécrétée par ce microbe. Il est, en effet, facile de reproduire l'intoxication dysentérique expérimentale chez le lapin en faisant absorber à un animal le filtrat d'une culture en bouillon de bacilles de Shiga, laissée 8 jours à 37°. Nous aspirons dans une pipette de 10^{cm^3} la quantité de toxine que nous voulons faire ingérer à des lapins ou à des cobayes. Nous introduisons l'extrémité de la pipette dans la bouche de l'animal qui absorbe le liquide naturellement et sans efforts. Nous évitons ainsi les lésions traumatiques de la muqueuse buccale ou pharyngée et l'introduction du liquide dans le larynx et la trachée. Ces accidents sont fréquents quand on utilise la sonde œsophagienne pour faire absorber à un animal une certaine quantité de liquide. On fait ingérer à un lapin, en un seul repas, 10^{cm^3} de toxine soluble dysentérique pendant quatre jours consécutifs. Vingt-quatre heures après la dernière ingestion, l'animal maigrit, les membres antérieurs et postérieurs se paralysent, des troubles intestinaux apparaissent, et il succombe rapidement. Les parois du cæcum sont très épaissies, œdématiées. La muqueuse ne présente ni escharre, ni ulcérations, mais on remarque la présence de suffusions hémorragiques assez étendues. Le foie est dégénéré, la rate, les reins et les capsules surrénales ont un aspect normal.

La moitié des animaux résistent à ces absorptions de toxine. Ils sont alors vaccinés contre quatre doses mortelles d'une culture en bouillon de bacilles de Shiga injecté dans les veines.

Nous avons recherché s'il était possible de reproduire l'intoxication cholérique en faisant avaler à des cobayes une certaine quantité de toxine cholérique soluble préparée suivant la technique de MM. Metchnikoff,

E. Roux et Salimbeni ([1]). Nous avons ensemencé le vibrion cholérique dans des boîtes de Roux contenant le milieu liquide préparé avec 2 pour 100 de peptone, 2 pour 100 de gélatine, et 1 pour 100 de sel marin. Après un séjour de quatre jours à 37°, nous avons filtré sur bougie Chamberland L3. Cette toxine, inoculée sur la peau d'un cobaye à la dose de $\frac{1}{4}$ de centimètre cube, provoque la mort de l'animal en 24 heures.

A une série de cobayes nous avons fait absorber pendant quatre jours consécutifs les doses de toxine cholérique suivantes : 1^{cm^3}, 2^{cm^3}, 3^{cm^3}, 5^{cm^3} et 7^{cm^3}. Les animaux qui, en 4 repas, ont absorbé 4^{cm^3} et 8^{cm^3} de toxine cholérique, n'ont présenté aucun symptôme pathologique. Au contraire, les cobayes qui ont ingéré des doses plus élevées maigrissent progressivement, ils sont immobiles dans leur cage, le poil hérissé, ils refusent la nourriture et meurent rapidement. L'autopsie montre des lésions de l'intoxication cholérique expérimentale, le péritoine pariétal et viscéral est hypérémié; l'intestin grêle est congestionné et couleur lie de vin; il contient des matières fécales diarrhéiques et grumeleuses. Les autres viscères, foie, rate, reins, ont un aspect normal; les poumons sont sains.

Conclusions. — L'ingestion de la toxine dysentérique soluble reproduit l'intoxication dysentérique chez le lapin.

L'absorption de la toxine cholérique provoque chez le cobaye l'intoxication cholérique.

A 15 heures trois quarts, l'Académie se forme en Comité secret.

La séance est levée à 16 heures et quart.

É. P.

([1]) Metchnikoff, E. Roux et Salimbeni, *Toxine et antitoxine cholérique* (*Annales de l'Institut Pasteur*, 1896, p. 257).

ERRATA.

(Séance du 21 août 1922.)

Note de M. *W. J. Vernadsky*, Sur le nickel et le cobalt dans la biosphère :

Page 383, ligne 12, *au lieu de* donne lieu par, *lire* donnent lieu à.

(Séance du 28 août 1922.)

Note de M. *Paul Wintrebert*, La polarité mécanique du germe des Sélaciens (*Scylliorhinus calicula* L. Gill) au temps de la gastrulation :

Page 413, ligne 11, *au lieu de* autour d'un axe vertical passant par le centre du blastodisque, *lire* autour d'un axe passant par le centre du blastodisque et le centre du vitellus. — Ligne 13, *lire* à la surface de la boule vitelline. — Ligne 32, *lire* à la surface du vitellus.

(Séance du 25 septembre 1922.)

Note de M. *Marcel Mirande*, Influence de la lumière sur la formation de l'anthocyanine dans les écailles des bulbes de Lis :

Page 497, ligne 26, *au lieu de* la pigmentation peut se produire, *lire* la pigmentation ne peut se produire.

Note de M. *Paul Wintrebert*, Le ptérygoïde cartilagineux des Urodèles :

Page 504, ligne 18, *après* se dirigeant, *ajouter* en arrière; ligne 23, au lieu de *Pranodon*, lire *Ranodon*.

(Séance du 9 octobre 1922.)

Note de MM. *M. Blanchard* et *G. Lefrou*, Sur un spirochète trouvé dans le sang de cas de fièvre bilieuse hémoglobinurique et son action pathogène :

Page 604, ligne 19, *au lieu de* symptôme, *lire* syndrome.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

Ouvrages reçus dans les séances de septembre 1922.

La prévision scientifique du temps, par Gabriel Guilbert. Paris, Augustin Challamel, 1922; 1 vol. 25cm.

Oleos vegetaes brasileiros, par Enrico Teixeira da Fonseca. Rio de Janeiro, Imp. Revista dos Tribunaes, 1922; 1 vol. 23cm.

Flore générale de l'Indo-Chine, publiée sous la direction de H. Lecomte. Rédacteur principal : F. Gagnepain. Tome VIIe; fasc. 4 : *Graminées* (suite), par E.-G. Camus et Mlle A. Camus. Paris, Masson et Cie, 1922; 1 vol. 25cm.

Écoles et Instituts de fermentation et de brasserie et Associations d'anciens étudiants de Gand, Louvain, Nancy et Paris. *Hommage à la mémoire de Louis Pasteur* (1822-1895). Gand, Ad. Hoste, 1822; 1 vol. 24cm.

Sur l'imitation des cellules avec les fluorures et les silicates, par A.-L. Herrera. Mémoire dactylographié de 158 pages et figures; 33cm.

Le scintillement de l'énergie, par E. Dallongeville. Noyon, E. Dallongeville, 1922; 1 fasc. 19cm.

Wissen und Wirken. Begriffsbildung, par H. Boehm. Karlsruhe in Baden, G. Braun, 1922; 1 fasc. 21cm.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 23 OCTOBRE 1922.

PRÉSIDENCE DE M. ALBIN HALLER.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS
DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Président** annonce à l'Académie la mort de deux de ses Correspondants pour la Section d'Astronomie : Sir *William Christie*, mort en mer le 22 janvier 1922, et M. *Jacobus Cornelius Kapteyn*, mort à Groningue, Pays-Bas, le 18 juin 1922.

M. le **Secrétaire perpétuel** présente les *Comptes rendus des séances de la cinquième Conférence de la Commission permanente et de la troisième et dernière Assemblée générale, assemblée générale de dissolution de l'Association internationale de Sismologie, réunie à Strasbourg les 24 et 25 août* 1922, rédigés par l'ancien secrétaire général R. de Kövesligethy.

GÉOLOGIE. — *Observations sur le terrain houiller de la Moselle.* Note (1) de MM. **Ch. Barrois, P. Bertrand, P. Pruvost.**

L'étude du terrain houiller de la Moselle que nous poursuivons depuis quelques années, notamment dans la concession de Sarre-et-Moselle, nous a appris qu'on ne pouvait étendre, à cette partie, les notions acquises dans la Sarre sur la structure tectonique du bassin. Elles sont insuffisantes. Loin de présenter, comme dans ce massif, l'aile septentrionale d'un anticlinal rompu, un faisceau uniclinal de veines inclinées au Nord-Ouest plus anciennes par conséquent à mesure qu'on avance vers le Sud-Est, le terrain

(1) Séance du 2 octobre 1922.

houiller présente dans la Moselle la structure plissée, à plis parallèles, habituelle aux bassins houillers du Nord.

Dès notre première descente, nous avions été frappés du gisement en couches renversées, avec toits aux murs, de veines exploitées dans le champ de la fosse V de Merlebach : il indiquait en effet qu'au midi de cette fosse on devait passer sur la série montante des couches, au lieu de rencontrer des veines de plus en plus anciennes. C'est ce qu'est venu établir à la fois l'étude détaillée des flores de ces veines et la coupe de la grande galerie poussée par la Direction de la mine, vers le Sud-Est, jusqu'à la rencontre du poudingue de Holz.

L'étude des flores de la Moselle nous a permis de répartir les veines en trois zones végétales distinctes :

1. Zone à *Mixoneura ovata*	580^{m}
2. Zone à *Pecopteridium Defrancei*	460
3. Zone à *Neuropteris tenuifolia*	640
	1680

qui correspondent approximativement aux divisions reconnues antérieurement des *charbons flambants supérieurs*, des *flambants inférieurs* et des *gras*, mais qui sont dans la pratique plus sûres, et plus facilement reconnaissables.

A la zone 1 appartiennent à Merlebach les veines à noms; à la zone 2, les veines à numéros (de 1 à 19); à la zone 3, les veines numérotées de 20 à 23.

Les veines rencontrées dans le puits de Sainte-Fontaine, à l'ouest des précédentes, inclinant W = 30°, présentent ainsi le pendage dominant dans la Sarre, elles ne sont plus renversées : on reconnaît aisément le mur avec racines au-dessous de la veine. L'étude de leur flore nous a permis de rapporter ces veines à la zone à *N. tenuifolia*, de telle sorte que les veines A à T, de cette fosse, correspondent aux veines 23 à 26 de Merlebach; les veines inférieures à T étant plus anciennes que celles-ci, leur ensemble assigne à la zone à *N. tenuifolia*, de Sainte-Fontaine, une puissance de 800^{m}.

Une galerie à travers bancs montre entre les deux puits un massif stérile correspondant ainsi à l'axe d'un anticlinal dont les deux ailes formées par les charbons à *N. tenuifolia* ont été reconnues de part et d'autre aux puits de Merlebach et de Sainte-Fontaine.

Au nord-ouest du puits de Sainte-Fontaine, on reconnaît la flore de la zone à *P. Defrancei* dans le faisceau des veines exploitées au puits II; puis, plus

loin, dans la même direction, dans le puits VI, la flore à *M. ovata*, formant la continuation en direction des grandes plateures de la Sarre.

Ainsi, l'étude des zones végétales permet d'assigner au gisement de la Compagnie de Sarre-et-Moselle la structure assez simple d'un pli anticlinal dont le noyau formé des couches à *N. tenuifolia* s'étend de Merlebach à Sainte-Fontaine, et qui porte sur son flanc ouest les couches peu inclinées des zones supérieures à *P. Defrancei* et à *M. ovata*, tandis que ces mêmes zones sont d'autre part en dressants très inclinés et parfois renversés, jusqu'au poudingue de Holz, touché à l'Est par une sondeuse.

L'anticlinal de Merlebach est ainsi dissymétrique, son flanc nord-ouest étant le plus redressé, à l'inverse de ce que l'on observe généralement dans le bassin franco-belge.

Il est facile de relier suivant leur direction ces faisceaux de couches de Sarre-et-Moselle avec ceux de la Petite-Rosselle, dont nous avons pu faire une étude provisoire. Les veines à *N. tenuifolia* de Sainte-Fontaine se retrouvent dans celles des puits Saint-Charles et Saint-Joseph (incl. N.), rapportées depuis longtemps déjà aux *charbons gras*; tandis que les veines à *P. Defrancei* de Merlebach se retrouvent avec des inclinaisons moindres dans les fosses Vuillemin, Wendel, Gargan. Dans le puits Simon, au Sud-Est vers Forbach, elles forment un nouvel anticlinal parallèle au précédent : entre eux, nous avons reconnu la flore de la zone à *M. ovata*.

Le pli anticlinal de (Saint-Joseph) Petite-Rosselle est la continuation de celui de Merlebach (Sarre-et-Moselle) de telle façon que les veines de son flanc nord sont continues de Sainte-Fontaine à Saint-Joseph, tandis que celles de son flanc sud exploitées à Merlebach sont enlevées à Petite-Rosselle par l'action d'une faille, déterminée par le même refoulement du Nord-Ouest au Sud-Est reconnu à Merlebach.

Il est plus malaisé de suivre ce pli anticlinal au Nord-Est de la Petite-Rosselle. Cependant le voisinage de la Selle de Clarenthal qui ramène la flore à *N. tenuifolia* au centre du bassin sarrois est un premier indice. La présence du petit bassin stéphanien de Burbach suivant le prolongement du synclinal de Forbach (compris entre les puits Gargan et Simon) en est un second, et il est d'autant plus précis que les couches inférieures de ce bassin reposent en concordance sur les courbes wesphaliennes de la zone à *M. ovata*, comme nous avons pu le constater dans les tranchées du chemin de fer au nord de ce bassin. La continuation de la faille anticlinale de la Petite-Rosselle séparerait les sondages 25, 26 où ont été reconnus les charbons gras et le sondage 27 où ont été reconnus les flambants supérieurs,

expliquant ainsi la disparition de la zone à *N. tenuifolia* au delà, vers le Nord-Est.

Ainsi, d'après les récents travaux des ingénieurs du bassin et nos observations paléontologiques, on doit actuellement considérer le bassin de Sarre-et-Moselle comme une nappe plissée dont le pendage septentrional est interrompu au Midi par deux plis anticlinaux parallèles, l'un de Sainte-Fontaine à Clarenthal, l'autre au puits Simon de la Petite-Rosselle.

Ce n'est donc pas un tapis permien uniforme épais, doublé de stéphanien, que l'on doit s'attendre à trouver comme couverture du houiller productif, sous les morts-terrains au sud de la faille du midi de Saarbrücken, mais bien la continuation du régime des plis anticlinaux et synclinaux abrasés du houiller de Sarre-et-Moselle, susceptible de faire affleurer sous le grès rouge des couches même inférieures à la zone à *N. tenuifolia*.

GÉOLOGIE. — *Les stades de recul des glaciers alpins et l'origine du lac Lauvitel (Oisans).* Note [1] de M. W. **Kilian**.

Le lac Lauvitel (Lovitel) est situé dans le massif de l'Oisans sur un torrent affluent du Vénéon, au Sud-Sud-Ouest du village de la Danchère, en arrière d'une sorte de barrage dominant un tronçon aval de la vallée, de pente assez raide ; en amont de l'espèce de palier sur lequel se trouve le lac, un vallon de 3^{km} à 4^{km} environ recueille les eaux des hauts massifs de la Muraillette et des crêtes allant du Clapier du Peyron à la Brèche de Valsenestre, au Signal de Lauvitel et au Rocher de la Selle. L'altitude du lac est de 1505^{m}, tandis que les sommets qui entourent ce bassin de réception accusent des altitudes de 3020^{m}, 3172^{m}, 2654^{m}, 3228^{m}, etc. Quelques petits névés se voient encore dans ce cirque montagneux.

Au point de vue géologique, la partie amont du lac et tous les sommets qui forment le bassin de réception, ainsi que les pentes et les escarpements qui limitent le vallon vers l'aval, sont formés soit de *Granite du Pelvoux* (massif du Rochail à l'Ouest du lac) avec filons d'Orthophyre et de Syénite [2], soit de schistes granitisés, sorte de Gneiss, qu'il est parfois fort difficile de distinguer du Granite franc. Ces dernières roches (Gneiss), traversées par quelques filons d'Aplite, constituent tout le flanc est de la

(1) Séance du 16 octobre 1922.

(2) Toutes ces roches ont été étudiées par M. P. Termier, qui les a fait connaître dans des publications diverses, aujourd'hui classiques.

vallée, ainsi que les montagnes situées en amont du lac. Le lac lui-même est bordé à l'Est, au Sud et au Sud-Ouest par des Gneiss granitisés, et à l'Ouest et au Nord-Ouest par des Granites avec filons de Syénite ([1]).

Vers le Nord, le lac est limité par une sorte de bourrelet topographique d'une certaine largeur (210^m) atteignant la cote de 1530^m, c'est-à-dire une altitude de 25^m à 28^m supérieure à celle du lac. Ce « vallum » est constitué par un entassement de blocs rocheux (Granites et Syénites) et présente vers l'aval une pente assez rapide, ainsi qu'une sorte de gradin dont le pied est à la cote 1390^m.

La partie de la vallée située en aval de cette ligne naturelle est encombrée de débris éboulés granitiques et gneissiques et de dépôts glaciaires; on remarque notamment sur la rive gauche un grand éboulis issu des flancs de la paroi du massif du Rochail et formé de blocs caractéristiques de Granite et de Syénite, souvent rubéfiés par suite de la décomposition de filonnets pyriteux et dont l'origine est visible dans les parois qui dominent la vallée à l'Ouest. Cet éboulis s'est divisé en deux au-dessus des bergeries de Lauvitel et a formé :

a. Une petite branche descendant en languette vers le lac;

b. Une branche principale dirigée vers le Nord-Est et qui est allée s'appliquer contre la digue du lac et la renforcer (gradin en contre-bas de la digue principale).

Cette digue elle-même est formée par des *dépôts morainiques* qui, bien qu'en partie recouverts par un enrochement partiel, causé par ledit éboulis, sont nettement reconnaissables à un œil exercé, et dont un ravinement récent sur le côté droit ([2]) a mis à nu la constitution profonde, consistant en sables argileux et cailloutis à caractères manifestement glaciaires. Les matériaux qui constituent l'éboulis et les blocs morainiques étant en partie de même provenance, il est d'ailleurs parfois difficile sans un examen attentif de distinguer les deux formations l'une de l'autre.

Plus en aval, on peut reconnaître, sur les deux côtés de la vallée, les « témoins » d'un *ancien remplissage* morainique. Ces témoins, en partie

---

([1]) *Loc. cit.*

([2]) Cet éboulement très récent, qui nous a été montré par MM. Golliez et Chagny, un peu au-dessus de la source de l'émissaire est, a mis au jour, au-dessous de la couche d'éboulis et de blocs anguleux morainiques formant le couronnement de la digue, une formation à éléments plus fins, beaucoup plus triturés et un peu plus argileux, qui présente *le type classique de la « moraine de fond »* à cailloux usés et disséminés dans la masse des sables.

boisés, forment sous le hameau de Vivaraz (1250^m) et en face de ce dernier, deux replats très nets ([1]).

Vers le bas du vallon les formations glaciaires et morainiques anciennes prennent un plus grand développement encore; elles supportent le hameau de la Danchère-Dessus et constituent sur la rive droite du Vénéon, en face des Gauchoirs, une importante moraine contournée par la route du Bourg-d'Oisans.

Il apparaît donc nettement que le torrent actuel, postérieur à toutes ces formations glaciaires anciennes, les a ravinées et s'est creusé un vallon allant du pied de la digue naturelle du lac aux Gauchoirs. Ce vallon est encombré par des éboulis granitiques et gneissiques et des dépôts glaciaires plus récents. Il aboutit en *amont* à une *formation morainique d'un stade plus récent* qui forme la *digue du lac*.

Le lac lui-même a une profondeur de 50^m à 63^m, suivant les hautes ou basses eaux; il forme un seul bassin dont la *profondeur maximum se trouve en amont* ([2]); dans sa partie sud on remarque un *delta torrentiel* qui disparaît sous les eaux du lac où il paraît se terminer par une pente brusque; ce delta porte des arbres (sapins), qui accusent un âge d'au moins 60 à 100 ans, ce qui prouve que le remblaiement du lac par ce cône de déjections, s'il se produit, est au moins excessivement lent et ne présente aucun caractère menaçant. Son tracé sur les cartes topographiques dressées en 1856 montre d'ailleurs qu'il n'a, depuis cette époque, fait que des progrès insignifiants.

A droite et à gauche de ce cône de déjections sous-lacustre, la partie amont du lac est encaissée dans des parois abruptes de Gneiss granitisé et de Granite (partie ouest) et cette portion correspond au maximum de profondeur du bassin. Au Nord, le lac est limité par la digue naturelle morainique en partie recouverte d'éboulis granitiques, dont il a été question plus haut et qui supporte les chalets de Lauvitel. Cette digue a une largeur d'environ 210^m à 300^m et se termine vers l'aval par un talus fortement incliné dans lequel on remarque une série de sources qui constituent les déversoirs interstitiels du lac. Ces déversoirs occupent les altitudes de 115^m, 130^m et 90^m au-

([1]) Le gradin de Vivaraz est constitué par les restes d'une ancienne moraine entamée par l'érosion post-glaciaire et dont on voit le correspondant de l'autre côté de la vallée (côté droit). Il n'y a pas là, comme on l'a dit, « un profil transversal en forme de U et dessinant comme les marches d'un escalier gigantesque », mais bien une vallée récente creusée dans un remblaiement morainique plus ancien.

([2]) La profondeur du lac présentant son maximum dans sa partie sud indique son origine glaciaire, car s'il s'agissait simplement d'une vallée barrée par un éboulis, la profondeur devrait au contraire, augmenter du Sud vers le Nord.

dessous du niveau du lac. Le déversoir le plus bas (côté droit) seul, à 90^m *au-dessous du fond* du lac, fonctionne en permanence.

L'origine du lac Lauvitel paraît donc être la suivante :

1° Postérieurement au retrait du glacier, qui avait accumulé pendant un *premier stade* les moraines considérables de Vivaraz, des Gauchoirs et de la Danchère, le glacier en voie de retrait a stationné pendant un certain temps (2e *stade*) à l'emplacement actuel du lac, correspondant à une sorte de palier où confluent le vallon descendant d'un cirque rocheux situé à l'Ouest et un déversoir du grand cirque situé au Sud entre le rocher de la Selle, le Clapier du Perron et la Tête de la Muraillette, c'est-à-dire à l'issue de deux bassins de réception glaciaires très importants et à l'amont d'un gradin ou « verrou » rocheux (correspondant peut-être à une barre de granulite ou d'aplite). Pendant ce stationnement récent (2e stade), l'érosion glaciaire a creusé et modelé, conformément aux lois bien connues de l'érosion glaciaire, au confluent de ces deux branches glaciaires, une cuvette rocheuse en avant de laquelle, sur le flanc du glacier unique formé par la confluence des deux branches, s'est édifiée une *puissante moraine frontale* recouvrant un reste de moraine de fond (plus finement sableuse) et superposée au *seuil rocheux* qui limitait vers l'aval la cuvette creusée par le glacier. A l'Est, il est probable qu'un émissaire déversait autrefois par une échancrure de la digue le trop-plein du bassin.

[Actuellement ce trop-plein du lac, s'infiltrant dans les dépôts morainiques, descend *au-dessus du niveau moyen du seuil rocheux* et alimente (en partie par siphonnement interstitiel?) une série de *sources*, situées à des altitudes diverses (1415^m, 1390^m) en contre-bas, dans le talus aval; la réunion des eaux provenant de ces sources forme le torrent qui s'est lui-même creusé en aval une « vallée épigénique » profondément encaissée dans les moraines anciennes du stade glaciaire précédent.]

2° A une époque plus récente encore ont eu lieu des *éboulements* importants, notamment dans les escarpements de gauche du Massif du Rochail, et les blocs provenant de ces éboulements sont venus renforcer et masquer en partie la digue naturelle, d'origine morainique, dont il a été question plus haut, et dont il est souvent malaisé de les distinguer; on remarque en effet, à la surface aval de cette digue et jusque sur son côté droit, des blocs de Syénite, d'Aplite et de Granite pyriteux à décomposition ferrugineuse caractéristique dont il est facile de reconnaître l'origine dans les affleurements de la paroi mise à nu par l'éboulement au Nord-Ouest du lac. En même temps, un éboulement venant du versant droit (Est) de la vallée *remblayait l'émissaire du lac* situé du côté droit.

Les raisons qui nous conduisent à admettre l'existence d'un *seuil rocheux* surélevé sous le revêtement morainique de la digue aval du lac Lauvitel sont notamment :

1° La généralité, aujourd'hui reconnue par la plupart des géologues et des géographes, de l'action érosive exercée par les glaciers (creusement glaciaire), notamment dans les cirques qu'ils ont occupé, ainsi qu'aux points de confluence de branches glaciaires, immédiatement en amont des seuils de roches dures, et où ils ont en beaucoup de points creusé et modelé des dépressions ou cuvettes sans écoulement très caractéristiques (Wannen) et fréquemment occupées par des lacs, dans les régions que la décrue glaciaire a mises à nu.

2° L'analogie frappante que présente le bassin du Lauvitel avec le lac de la Muzelle situé dans la vallée voisine dans une situation et des conditions absolument comparables, et qui présente une cuvette d'origine certainement glaciaire, limitée en aval par un seuil rocheux et continu (de schistes liasiques), nettement observable (et non recouvert d'éboulis), que l'émissaire a dû entamer à l'une de ses extrémités pour permettre au trop-plein du lac de gagner la portion aval de la vallée.

3° La pente aval excessive et anormale du talus morainique qui sert de barrage au lac Lauvitel, alors que d'habitude la pente du rempart morainique est relativement plus douce vers l'aval. Cette disposition donne en effet l'impression d'un *seuil rocheux* recouvert par une moraine laissée sur la crête ou le rebord de ce seuil par un stationnement du glacier; ce barrage rocheux aurait été ensuite enseveli sous les dépôts glaciaires éboulés, mais il existerait sous le talus morainique dont il constituerait en quelque sorte l'ossature et le support.

En résumé, l'examen géologique du Vallon de Lauvitel permet de distinguer *deux stades* de stationnements glaciaires nettement antérieurs à l'état actuel de nos Glaciers : le stade de la Danchère et le stade du Lac Lauvitel.

Ces deux « stades » sont eux-mêmes postérieurs à l'occupation par les glaciers de la plaine du Bourg d'Oisans, au *stade de Vizille* (P. Lory) plus récent lui-même que le Néowürmien (stade d'Eybens, P. Lory) et sont à paralléliser avec ceux qu'ont récemment distingués M. Ch. Jacob dans les Grandes Rousses, M. Ch. Pussenot, M. Révil et nous-même en Maurienne et Tarentaise; enfin MM. P. Lory [1] et M. Gignoux sur le versant de la Chaîne de Belledonne. Ils appartiennent à la phase dite *post-glaciaire* de M. Penck dont ils représentent sans doute les stades de « Gschnitz » et de « Daun » et peuvent être rapprochés des stades IV et V reconnus à Bédinat par M. P. Lory (*loc. cit.*).

---

[1] Voir notamment P. Lory, *Sur les stades glaciaires et sur un vallon enregistreur des stades* (*Bédinat, Chaîne de Belledonne*) (*Comptes rendus*, t. 174, 1922, p. 1476).

M. ÉMILE BOREL s'exprime en ces termes :

J'ai l'honneur de faire hommage à l'Académie d'un Ouvrage que je viens de publier sous le titre : *Méthodes et problèmes de Théorie des fonctions*. Cet ouvrage est le vingt-cinquième de la *Collection de monographies sur la théorie des fonctions*, dont la maison Gauthier-Villars m'a confié la direction; je tiens tout d'abord, à cette occasion, à remercier les collaborateurs de cette Collection parmi lesquels je dois citer ici nos confrères MM. Vito Volterra, Paul Painlevé et Henri Lebesgue, et nos Correspondants, MM. C. de la Vallée Poussin et René Baire. C'est grâce à de tels collaborateurs que la Collection a pu exercer l'influence qu'on veut bien lui reconnaître sur le développement de la théorie des fonctions depuis le début de ce siècle.

La plus grande partie de ce nouveau livre est la reproduction de Notes et Mémoires consacrés à des questions qui n'avaient pas trouvé place dans les volumes précédents. L'idée générale qui les relie est la distinction, sur laquelle j'ai souvent insisté, entre les fonctions qui se présentent naturellement, celles que l'on peut construire artificiellement et celles que l'on peut seulement concevoir comme possibles, sans en pouvoir nommer une déterminée. Cette distinction est analogue à celle que l'on peut établir entre les êtres vivants normaux, les êtres monstrueux et les êtres possibles.

Les analogies de la Théorie des fonctions avec la Biologie sont d'ailleurs plus étroites qu'on ne le croit généralement; j'ai consacré quelques pages à en signaler quelques-unes; il me paraît y avoir grand avantage, pour les mathématiciens, à réfléchir aux rapports entre leur science et les sciences de la nature.

NOMINATIONS.

M. H. LE CHATELIER est désigné pour représenter l'Académie à l'inauguration du médaillon de Sir *William Ramsay*, le 3 novembre, à l'abbaye de Westminster, à Londres.

MM. G. LEMOINE et G. KŒNIGS sont désignés pour représenter l'Académie à l'inauguration du monument de *Henry Bazin*, le 12 novembre, à Dijon.

CORRESPONDANCE.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° *Géographie de Madagascar*, par A. Dandouau. Préface de M. Fontoynont.

2° *Les Mammifères de l'Éocène inférieur français et leurs gisements*, par Pierre Teilhard de Chardin.

3° W. Margoulis. *Les Hélicoptères. Recherches expérimentales sur le fonctionnement le plus général des hélices. Études sur la mécanique de l'hélicoptère.* (Présenté par M. Maurice d'Ocagne.)

4° *L'année psychologique*, publiée par Henri Piéron. Vingt-deuxième année (1920-1921). (Présenté par M. Henneguy.)

5° *Diagnostic chirurgical*, septième édition, par E. Rochard et W.-M. Stern. (Présenté par M. Bazy.)

6° *Décomposition de $a^n \pm b^n$ en facteurs dans le cas où nab est un carré parfait, avec une table de décompositions numériques pour toutes les valeurs de a et b inférieures à* 100, par M. Kraitchik. (Présenté par M. Maurice d'Ocagne.)

MM. **Ch. Doyère**, **E. Fichot**, **G. Perrier** prient l'Académie de vouloir bien les compter au nombre des candidats à la place vacante, dans la Section de Géographie et Navigation, par le décès de M. *L. Favé*.

GÉOMÉTRIE ANALYTIQUE. — *Sur une propriété fonctionnelle des coniques.* Note de M. **A. Angelesco**, présentée par M. Appell.

Proposons-nous de déterminer une courbe plane C représentée paramétriquement dans le plan des coordonnées xOy, par les équations

$$x = f(u),$$
$$y = \varphi(u),$$

et jouissant de la propriété suivante :

$A_0, A_1, \ldots, A_n, \ldots$ étant les points de la courbe C correspondant aux valeurs u, $u+h$, $u+nh$, ... du paramètre u, les triangles rectilignes $A_0A_1A_2$, $A_1A_2A_3$, ... sont tous de même aire et de même orientation, et cela quels que soient u et h.

Nous supposerons que les fonctions f et φ admettent des dérivées de tout ordre.

On voit immédiatement que la condition nécessaire et suffisante à laquelle doivent satisfaire les fonctions f et φ est

$$(1) \qquad \begin{aligned}&[f(u+2h)-f(u+h)][\varphi(u+3h)-\varphi(u)]\\ &=[f(u+3h)-f(u)][\varphi(u+2h)-\varphi(u+h)].\end{aligned}$$

En prenant la dérivée du quatrième ordre par rapport à h des deux membres, on obtient, après avoir fait $h=0$,

$$(2) \qquad f'(u)\varphi'''(u)-\varphi'(u)f'''(u)=0.$$

De même, en prenant la dérivée du sixième ordre, par rapport à h, des deux membres de (1), on trouve la condition

$$5f'(u)\varphi^{(5)}(u)-5\varphi'(u)f^{(5)}(u)+9f''(u)\varphi^{(4)}(u)-9\varphi''(u)f^{(4)}(u)=0.$$

Cette dernière relation, comparée à la relation (2) dérivée deux fois par rapport à u, nous montre que l'on doit avoir

$$(3) \qquad f'(u)\varphi^{(5)}(u)-\varphi'(u)f^{(5)}(u)=0.$$

Nous allons déterminer les fonctions f et φ satisfaisant aux conditions (2) et (3). Posons, pour cela,

$$(4) \qquad F(u)=f'(u), \quad \text{et} \quad \Phi(u)=\varphi'(u).$$

De la relation (2) il résulte

$$\Phi(u)F'(u)-F(u)\Phi'(u)=A,$$

A étant une constante. Par suite,

$$(5) \qquad F(u)=\Phi(u)\left[A\int\frac{du}{\Phi^2(u)}+B\right],$$

B étant une autre constante.

Des relations (2), (4) et (5) on déduit

$$F^{(4)}(u)=\Phi^{(4)}(u)\left[A\int\frac{du}{\Phi^2}+B\right]+2A\frac{\Phi'''}{\Phi^2}-2A\frac{\Phi'\Phi''}{\Phi^3},$$

relation qui devient, en multipliant ses deux membres par $\Phi(u)$ et en tenant

compte de (3), (4) et (5),

$$A(\Phi'''\Phi - \Phi'\Phi'') = 0.$$

Si $A = 0$, les relations (4) et (5) nous montrent que

$$f(u) = B\varphi(u) + C,$$

et dans ce cas les fonctions f et φ satisfont à l'équation fonctionnelle (1), les courbes C étant les droites du plan xOy.

Pour A différent de zéro, on voit que Φ doit être une intégrale de l'équation différentielle

$$yy''' - y'y'' = 0,$$

ou bien de l'équation différentielle

$$y'' + Cy = 0,$$

où C est une constante.

Les relations (2) et (4) nous montrent alors que les fonctions f et φ doivent être des solutions de la même équation différentielle

$$y''' + Cy' = 0.$$

Les fonctions f et φ sont donc de la forme

(I) $f = au^2 + bu + c$ et $\varphi = \alpha u^2 + \beta u + \gamma$,

(II) $f = ae^{ku} + be^{-ku} + c$ et $\varphi = \alpha e^{ku} + \beta e^{-ku} + \gamma$,

(III) $f = a\cos ku + b\sin ku + c$ et $\varphi = \alpha\cos ku + \beta\sin ku + \gamma$,

suivant que C est nul, négatif ou positif.

On vérifie sans difficulté que les fonctions f et φ de la forme (I), (II) ou (III) satisfont à l'équation fonctionnelle (1).

Les courbes C correspondantes sont les paraboles, les hyperboles et les ellipses du plan xOy.

GÉOMÉTRIE INFINITÉSIMALE. — *Quelques propriétés des réseaux.* Note de M. E. **Merlin**, présentée par M. G. Kœnigs.

Considérons le réseau (M), lieu du point M dont les coordonnées

$$x(u, v), \quad y(u, v), \quad z(u, v),$$

rapportées à un système d'axes $Oxyz$, soient telles que le déterminant

$$\left| \frac{\partial x}{\partial u}, \quad \frac{\partial x}{\partial v}, \quad x \right|$$

diffère de zéro.

Attachons-lui l'espace mobile $\mathcal{E}(u, v)$ défini dans notre Communication précédente (¹). Au point P, de coordonnées X, Y, Z de l'espace fixe E, correspondra dans $\mathcal{E}(u, v)$, un point P′ de coordonnées ξ, η, ζ.

Par tout point M de (M), passent deux lignes du réseau, l'une le long de laquelle u varie seul, l'autre le long de laquelle v varie seul. Désignons par MT_1 la tangente à la première et par MT_2 la tangente à la seconde. A tout point de MT_1 correspondra dans $\mathcal{E}(u, v)$, un point de l'axe Ox; à tout point de MT_2, un point de l'axe Oy; à tout point de OM, un point de Oz. En particulier, à M correspond le point O et, à O, le point A de coordonnées 0, 0, —1.

Soient M_1 le point de MT_1 dont le lieu $(M_1)_v$ reste tangent au plan OMT_1, quand v varie seul, et M_2 le point de MT_2 dont le lieu $(M_2)_u$ reste tangent à OMT_2, quand u varie seul. A M_1 correspondra M'_1, de coordonnées $-\frac{1}{b'}$, 0, 0, et à M_2, le point M'_2, de coordonnées 0, $-\frac{1}{a'}$, 0. Si N_1 et N_2 sont, respectivement, les points où les tangentes à $(M_1)_v$ et $(M_2)_u$ coupent la droite OM, les points correspondants N'_1 et N'_2 auront pour coordonnées 0, 0, $\frac{c'}{k-c'}$ et 0, 0, $\frac{c'}{h-c'}$, h et k désignant, selon l'usage, les invariants de l'équation de Laplace vérifiée par les fonctions x, y, z de u et de v. De là, si c' diffère de zéro, une interprétation géométrique du rapport $\frac{h}{k}$, laquelle s'énonce comme suit :

Le rapport des invariants h et k de l'équation de Laplace définie par un réseau non conjugué (M), *rapporté à des axes d'origine* O, *est égal au rapport anharmonique des points* M, O, N_1 *et* N_2.

On en déduit : 1° que la condition nécessaire et suffisante pour que (M) soit à invariants égaux est que N_1 et N_2 coïncident; 2° que la condition nécessaire et suffisante pour que (M) ait ses invariants égaux et de signes contraires est que N_1 et N_2 soient conjugués harmoniques par rapport à O et M.

Supposons encore $c' \neq 0$, l'équation $k = 0$ exprimera la condition nécessaire et suffisante pour que la série réglée engendrée par MT_1, quand v varie seul, admette une directrice rectiligne passant par l'origine. Une propriété semblable correspondra au cas où l'autre invariant serait nul.

Considérons, à présent, les cônes C de sommet O, tangents à OMT_1, le

(¹) Voir dans les *Comptes rendus*, t. 175, 1922, p. 437, une Note dont nous conservons ici les notations.

long de OM_1 et à OMT_2, le long de OM_2. La transformation (T), attachée au point M, leur fera correspondre, dans $\mathcal{E}(u, v)$, des cônes Γ, ayant pour équation générale

$$(1) \qquad (b'\xi + a'\eta + \zeta + 1)^2 - 2\lambda\xi\eta = 0,$$

où λ désigne un paramètre arbitraire. Parmi les cônes C, il en est un, C_1, qui a un contact du second ordre avec $(M_1)_v$, en M_1. Le transformé Γ_1, dans $\mathcal{E}(u, v)$, s'obtiendra en faisant, dans l'équation (1), $\lambda = k$. De même, au cône C_2 ayant avec $(M_2)_u$ un contact du second ordre en M_2, correspond un cône Γ_2, dont l'équation se déduit de (1), en posant $\lambda = h$. Si k ou h sont nuls, Γ_1 ou Γ_2 ne sont plus définis; nous prendrons alors pour cônes Γ_1 ou Γ_2, le plan $AM'_1 M'_2$ compté deux fois.

Si $h = k$, Γ_1 et Γ_2 coïncident. Nous énoncerons, par suite, la proposition suivante, généralisation de celle que l'on doit à M. Kœnigs pour les réseaux plans (¹) et que M. Darboux a étendue aux réseaux conjugués tracés sur une surface (²).

Le long de deux lignes d'un réseau quelconque, qui se croisent en un point M, *on considère les deux séries réglées formées par les tangentes aux lignes de l'autre famille. En les projetant d'un point fixe* O, *on obtient deux familles de plans et, par suite, deux cônes enveloppes. Sur chacun d'eux, on prend les génératrices de contact de trois plans consécutifs avec le cône, en partant des deux plans qui se coupent suivant* OM. *Cela étant, la condition nécessaire et suffisante pour que l'équation ponctuelle relative au réseau considéré, rapporté à un système d'axes d'origine* O, *ait ses invariants égaux est que les six génératrices obtenues comme il vient d'être dit appartiennent à un même cône du second degré.*

De ce qui précède découle encore une interprétation géométrique du rapport des invariants de l'équation de Laplace relative au réseau (M). Les deux cônes Γ_1 et Γ_2 sont, en effet, homologiques, le centre d'homologie étant M'_1 ou M'_2, le plan d'homologie, respectivement, zOy ou zOx et le coefficient d'homologie étant égal au rapport des invariants k et h. L'homologie est d'ailleurs conservée dans la transformation (T). On a donc le théorème suivant :

Les cônes C_1 *et* C_2 *sont homologiques, le centre d'homologie étant* M_1 *ou* M_2,

---

(¹) G. Kœnigs, *Sur les réseaux plans à invariants égaux et les lignes asymptotiques* (*Comptes rendus*, t. 114, 1892, p. 55).

(²) G. Darboux, *Leçons sur la théorie générale des surfaces*, t. 4, p. 38.

le plan d'homologie étant respectivement OMT_2 *ou* OMT_1, *le coefficient d'homologie qui permet de passer de* C_1 *à* C_2, *étant* $\frac{k}{h}$.

En particulier, si les invariants sont égaux et de signes contraires, l'homologie est harmonique et réciproquement.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur les représentations générales des fonctions analytiques.* Note de M. **Desaint**, présentée par M. Hadamard.

Je ferai ici une addition à une Note antérieure sur le même sujet.

Soit à développer une fonction

$$F(x)$$

holomorphe dans une aire convexe C, suivant une somme de fonctions de forme donnée à l'avance :

$$V(x).$$

Nous y répondrons de la manière suivante :

Ce développement est toujours possible par calculs explicites, simples, $V(x)$ pouvant avoir, à distance finie, des singularités quelconques.

A l'infini, elle est supposée, dans le cas d'une singularité essentielle, y admettre un secteur de finitude d'ouverture au moins égale à 180°. De plus, dans tous les cas, elle sera soumise à l'infini à la condition de s'annuler au moins aussi vite que

$$\frac{1}{x^2}$$

partout (si elle y est régulière), ou dans son secteur de finitude (si elle y admet une singularité essentielle).

Nous donnerons, après ces explications, le théorème suivant :

A condition, si $V(x)$ *a un pôle à l'infini d'ordre* p, *d'envisager*

$$V_1(x) = \frac{V(x)}{x^{p+2}}$$

ou, si $V(x)$ *est régulière, on admet une singularité essentielle, en envisageant*

$$V_1(x) = \frac{V(x)}{x^{\alpha}},$$

α *étant tel que (tout au moins dans le secteur de finitude)* $V_1(x)$ *s'annule au*

moins aussi vite que

$$\frac{1}{x^2},$$

toute fonction $F(x)$, *holomorphe dans une aire* C *convexe, est représentable dans cette aire par une somme (intégrale) de fonctions de la forme*

$$V(\alpha' x + \beta')$$

ou, au besoin comme il a été dit,

$$V_1(\alpha' x + \beta'),$$

α', β' *étant des constantes en* x.

Les importants corollaires suivants s'ensuivent :

Toute fonction holomorphe, dans une aire convexe, y est représentable par une somme d'exponentielles.

La représentation trigonométrique y est incluse.

Toute fonction holomorphe, dans une aire convexe, y est représentable par une somme de fractions rationnelles

$$V(\alpha x + \beta),$$

α, β *étant des constantes en* x, *la différence des degrés du dénominateur et du numérateur de ces fractions étant au moins égale à deux en faveur du dénominateur.*

Je donnerai rapidement la démonstration de ces propositions en partant de l'intégrale de Cauchy

$$F(x) = \frac{1}{2\pi i}\int_C \frac{F(z)\,dz}{z - x},$$

valable pour $F(x)$, holomorphe dans l'aire convexe C.

En désignant par φ l'angle de la tangente en z au contour C avec l'axe (positif) des quantités imaginaires, la quantité

$$(z - x)\,e^{-i\varphi}$$

a sa partie réelle positive. Par une rotation de $(-\varphi)$ la tangente en z, devient parallèle à l'axe imaginaire, l'aire C apparaît à sa gauche, le vecteur $\overline{zx}$, dirigé de z vers un point intérieur à C, tombant à l'intérieur de C, aura sa partie réelle négative. D'où conclusion pour $(z - x)\,e^{-i\varphi}$.

Envisageons alors la fonction

$$V(z)$$

à singularité essentielle à l'infini, mais ayant, en ce point, un secteur de finitude de 180°, formé par un demi-plan limité par la droite D. Appelons (P) ce secteur.

Abaissons de O une perpendiculaire OΔ sur D; soit α son point de rencontre. Soient θ l'angle de OΔ avec l'axe réel positif et β la quantité imaginaire représentant le vecteur $\overline{O\alpha}$.

Considérons le contour formé par αD, prolongée indéfiniment dans (P), puis par une demi-droite $\overline{\alpha D_1}$, tracée dans P aussi, et par un arc de cercle γ de rayon très grand, de centre α. On a

$$0 = \int_{D_1\alpha} V(u)\,du + \int_{\gamma} V(u)\,du + \int_{\alpha D} V(u)\,du.$$

D'après notre hypothèse, V(u) tend à l'infini vers zéro, aussi vite que

$$\frac{1}{u^2}.$$

Quand γ s'éloigne à l'infini,

$$\int_{\overline{\alpha D_1}} V(u)\,du = \int_{\alpha D} V(u)\,du = M.$$

Or, le point

$$u_1 = t(z-x)\,e^{-i\gamma+i\theta} + \beta$$

est un point du secteur (P) décrivant, quand t varie de 0 à $+\infty$, une droite αD_1 de ce secteur, car il résulte d'un point

$$u_0 = t(z-x)\,e^{-i\varphi}$$

(dans le demi-plan à droite de l'axe imaginaire), après sa rotation d'un angle θ, et sa translation égale à β.

Donc

$$\int_0^{+\infty} V[t(z-x)\,e^{-i\varphi+i\theta} + \beta]\,d[t(z-x)\,e^{-i(\varphi+\theta)} + \beta] = M.$$

D'où l'on tire

$$\int_0^{+\infty} V[t(z-x)\,e^{-i(\varphi-\theta)} + \beta]\,dt = \frac{M}{(z-x)\,e^{i(\theta-\varphi)}}.$$

Donc nous avons dans l'aire convexe

$$(1)\qquad F(x) = \frac{1}{2M\pi i}\int_C\int_0^{+\infty} F(z)\,V[t(z-x)\,e^{i(\theta-\varphi)} + \beta]\,dz\,dt.$$

J'ai pu en tirer antérieurement, dans un cas particulier, une méthode pour atteindre systématiquement les points singuliers de fonctions données par des séries de Taylor ou d'autres développements.

Je ferai remarquer, concernant ces représentations générales, qu'elles se rattachent à ces travaux de l'Analyse contemporaine dont l'origine se trouve dans les travaux de M. Picard sur les fonctions entières.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur les singularités des fonctions automorphes.* Note de M. **P.-J. Myrberg**, présentée par M. Émile Borel.

1. Dans la théorie des fonctions automorphes d'une seule variable on a ce théorème :

A tout groupe proprement discontinu il correspond des fonctions automorphes, qui existent dans le domaine de discontinuité du groupe (ou dans une portion connexe de ce domaine) et dont les singularités essentielles, par suite, ne dépendent que du groupe donné.

Dans la théorie des fonctions automorphes de plusieurs variables, ce théorème n'est plus vrai. En effet, l'exemple des fonctions abéliennes montre qu'ici la discontinuité propre du groupe ne suffit plus pour assurer l'existence de fonctions automorphes, et d'autre part on sait, d'après les recherches de MM. Picard et Giraud, que, pour certains groupes à plusieurs variables, les fonctions automorphes correspondantes présentent nécessairement des singularités essentielles dans des domaines où le groupe est proprement discontinu.

Cependant il est possible, dans des cas très généraux, de rétablir l'analogie entre les deux théories par une modification convenable de la notion de « discontinuité d'un groupe », notamment en y faisant intervenir les points d'accumulation, non pas d'une suite de points, mais d'une suite d'ensemble de points.

2. Dans cette Note nous nous bornerons aux groupes discontinus Γ composés de collinéations

$$Y_i = \sum_{k=1}^{n+1} \alpha_{i,k}\, y_k \qquad (i = 1, 2, \ldots, n+1). \tag{1}$$

En considérant les quantités réelles ou complexes $y_1, y_2, \ldots, y_{n+1}$ comme les coordonnées homogènes d'un point dans un espace R_n, nous admettrons d'abord les deux hypothèses suivantes :

I. (σ) *étant une suite infinie de substitutions choisies arbitrairement parmi les substitutions* (1), *il existe toujours* $n+1$ *points qui ne sont pas situés dans un même hyperplan* $\Sigma a_k y_k = 0$, *et dont les transformés par les substitutions* (σ) *ont en commun au moins un point d'accumulation* P.

Soit (m) l'ensemble fermé composé des points d'accumulation communs P [auxquels on arrive en choisissant de différentes manières la suite (σ) et les $n+1$ points correspondants] et de leurs points-limite.

II. *Il y a dans* R_n *des hyperplans qui ont une distance minima non nulle de l'ensemble* (m).

Si les hypothèses I et II sont vérifiées, on a ce théorème :

Q *étant un ensemble fermé de points de* R_n *qui ne renferme aucun point de* (m), *on peut affirmer que les transformés de* Q *par le groupe* Γ *admettent comme seuls points d'accumulation les points de certains hyperplans* (M), *lesquels dépendent, non pas du choix de l'ensemble* Q, *mais uniquement du groupe donné, et qui renferment les points de l'ensemble* (m).

Ajoutons maintenant cette troisième hypothèse relative au groupe Γ :

III. *Il y a des points de* R_n *qui n'appartiennent à aucun des hyperplans* (M).

En désignant par D l'ensemble de ces points on aura ce théorème :

Les transformés d'un point quelconque de D *par le groupe* Γ *admettent comme seuls points d'accumulation les points de l'ensemble* (m).

Le groupe Γ est donc proprement discontinu dans D, mais, en général, Γ jouit de cette propriété aussi dans des espaces situés en dehors de D.

3. Formons maintenant les séries de M. Picard

$$\theta = \sum \mathcal{H}(S) \left(\frac{\partial(S)}{\partial(x)} \right)^p, \tag{2}$$

en choisissant pour $\mathcal{H}$ une fonction rationnelle qui reste finie sur l'ensemble (m). Si l'on suppose cet ensemble situé à distance finie, ce qu'on peut toujours réaliser par une substitution linéaire, grâce à l'hypothèse II, et si l'on choisit $p \geqq 2$, la série (2) converge uniformément (et absolument) dans toute portion intérieure de D, à condition qu'on évalue les termes en nombre fini qui y présentent des singularités algébriques, et représente donc dans ce domaine une fonction monogène de caractère rationnel.

Les séries (2) et les fonctions automorphes formées à l'aide de ces séries présentent des singularités essentielles en tout point appartenant à l'un des hyperplans (M), et leur domaine d'existence coïncide donc avec le domaine D (ou avec une portion connexe de ce domaine, s'il se compose de portions distinctes).

Et l'on peut même démontrer, pour les groupes vérifiant les trois conditions précédentes, qu'en général aucune fonction automorphe, de quelque manière qu'elle eût été formée, ne saurait être prolongée analytiquement en dehors du domaine D. Donc le domaine D joue dans la théorie des fonctions automorphes de plusieurs variables le même rôle que joue, dans le cas d'une seule variable, le domaine où le groupe est « proprement discontinu ».

4. Entre les points (m) et les hyperplans (M) il existe une correspondance corrélative. S'il y a, en particulier, une forme d'Hermite ou une forme quadratique qui reste invariable pour le groupe donné, la correspondance en question se réduit à une polarité.

Considérons comme exemple un groupe qui admet pour invariant la forme d'Hermite

$$\psi = \sum_{k=1}^{n} y_k \bar{y}_k - y_{n+1} \bar{y}_{n+1}.$$

Les hypothèses I, II, III sont vérifiées dès que le groupe ne renferme pas de substitution infinitésimale. Ici les points (m) sont tous situés sur l'hypersphère $\psi = 0$ et l'ensemble (M) se compose des hyperplans tangents à cette sphère aux points (m).

Pour certains de ces groupes l'ensemble (m) comprend tous les points de l'hypersphère $\psi = 0$, de sorte que le domaine D se confond avec l'intérieur de cette hypersphère. Mais il y a d'autres groupes de la classe considérée pour lesquels (m) est un ensemble discret, et pour ces groupes le domaine D comprend tout l'hyperespace $\mathfrak{R}_n$, sauf les points faisant partie des plans tangents (M) à l'hypersphère $\psi = 0$ aux points (m).

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur les relations qui existent entre la distribution des zéros et des pôles d'une fonction monogène et la croissance de son module.* Note de M. **Frithiof Nevanlinna**, présentée par M. Émile Borel.

Soit une fonction monogène $f(x)$ de la variable complexe

$$x = \xi + i\eta = r e^{i\varphi}$$

qui est uniforme et méromorphe dans un domaine connexe G et sur son contour Γ. Nous désignerons par $a_1, a_2, \ldots, a_m$ les zéros, par $b_1, b_2, \ldots, b_n$ les pôles de cette fonction situés dans G, chaque zéro et pôle étant compté

autant de fois qu'indique son ordre. Quant au contour Γ, nous admettrons que $f(x)$ n'y présente ni pôles ni zéros.

Soit, d'autre part, une fonction quelconque $\lambda = \lambda(\xi, \eta)$ continue ainsi que ses dérivées partielles des deux premiers ordres dans le domaine G, contour compris.

Cela posé, si l'on applique la formule connue de Green aux fonctions $u = \log|f(x)|$, $v = \lambda(\xi, \eta)$ et au domaine G, en excluant d'abord les zéros et les pôles par de petits cercles dont on fait ensuite tendre les rayons vers zéro, on trouve cette formule générale

$$(1) \quad \Sigma\lambda(a_\mu) - \Sigma\lambda(b_\nu) = -\frac{1}{2\pi}\int_G \log|f|\,\Delta\lambda\,d\sigma + \frac{1}{2\pi}\int_\Gamma\left(\log|f|\frac{\partial\lambda}{\partial n} - \lambda\frac{\partial}{\partial n}\log|f|\right)ds.$$

Dans un travail que nous publierons prochainement en commun avec M. Rolf Nevanlinna, nous donnerons différentes applications de la formule (1). Ici nous nous bornerons à montrer, sur un exemple particulier, comment elle s'applique aux questions indiquées dans le titre de cette Note.

Supposons la fonction $f(x)$ méromorphe dans le domaine

$$(2) \qquad r \geqq \rho_0, \qquad |\varphi| \leqq \frac{\pi}{2}$$

et continue sur son contour (excepté peut-être à l'infini). Soient $a_\mu = |a_\mu| e^{i\alpha_\mu}$ les zéros, $b_\nu = |b_\nu| e^{i\beta_\nu}$ les pôles de $f(x)$ dans ce domaine, rangés par ordre de modules croissants. En faisant dans la formule (1)

$$\lambda = \cos\varphi\left(\frac{1}{r} - \frac{1}{\rho}\right)$$

et en choisissant pour G le domaine défini par les inégalités $\rho_0 \leqq r \leqq \rho$, $|\varphi| \leqq \frac{\pi}{2}$, on arrive à la formule suivante, valable pour toute valeur $\rho > \rho_0$:

$$(3) \qquad \int_{\rho_0}^{\rho}\frac{\alpha(r)}{r^2}dr + \frac{1}{\rho}\left\{\mu(\rho) + \int_{\rho_0}^{\rho}\frac{\mu(r)}{r}dr\right\} - \pi\int_{\rho_0}^{\rho}\frac{a(r)-b(r)}{r^2}dr = \mathrm{P}.$$

Ici $\alpha(r)$, $\mu(r)$, $a(r)$ et $b(r)$ désignent les expressions suivantes :

$$(4) \quad \alpha(r) = \frac{1}{2}\int_{\rho_0}^{r}\log|f(it)|\,|f(-it)|\frac{dt}{t}, \qquad \mu(r) = \frac{1}{2}\int_{-\frac{\pi}{2}}^{+\frac{\pi}{2}}\log|f(re^{i\varphi})|\cos\varphi\,d\varphi,$$

$$a(r) = \Sigma\cos\alpha_\mu, \qquad b(r) = \Sigma\cos\beta_\nu,$$

où la sommation s'étend aux valeurs μ et ν pour lesquelles les modules $|a_\mu|$

et $|b_\nu|$ sont compris entre ρ_0 et r. De plus $\lim\limits_{\rho\to\infty} P = P_0$, où P_0 est une quantité finie qui ne dépend que de ρ_0.

Le premier membre de la formule (3) se compose de trois termes de nature essentiellement différente. En effet, le premier de ces termes dépend uniquement des valeurs du module $|f(x)|$ sur le contour du domaine (2), le second, de ses valeurs à l'intérieur du domaine, enfin, le troisième, de la distribution des zéros et des pôles de $f(x)$ dans ce même domaine.

Parmi les multiples conséquences qu'on peut tirer de la formule (3) on aura, en particulier, ce théorème :

Soit $\Lambda(t)$ *une fonction réelle et positive quelconque telle que l'intégrale*

$$\int^{\rho} \frac{\Lambda(r)}{r^2}\,dr$$

diverge pour $\rho\to\infty$, *et admettons que la fonction monogène* $f(x)$ *vérifie les conditions générales sous lesquelles a été démontrée la formule* (3) *et qu'elle jouit, en outre, des propriétés suivantes :*

1° *Sur l'axe imaginaire on a, pour les valeurs suffisamment grandes de* $|t|$,

$$\log|f(\pm it)| \leqq \Lambda(t).$$

2° *On a, pour* $|\varphi| \leqq \frac{\pi}{2}$ *et pour une suite de valeurs indéfiniment croissantes de* r,

$$\log|f(re^{i\varphi})| \leqq \varepsilon(r)\, r\int^{r} \frac{\Lambda(t)}{t^2}\,dt,$$

ou $\varepsilon(r)\to 0$ *pour* $r\to\infty$.

3° *Les expressions* $a(r)$ *et* $b(r)$ *définies par les dernières égalités* (4) *vérifient, à partir d'une certaine valeur* r, *la condition*

$$a(r) - b(r) \geqq k\Lambda(r),$$

où k *désigne une constante positive.*

Dans ces conditions, on peut affirmer que $k \leqq \frac{1}{\pi}$, *à moins que la fonction* $f(x)$ *ne s'évanouisse identiquement.*

C'est là peut-être la forme la plus générale que l'on puisse donner au théorème connu de M. Fritz Carlson, dont M. Rolf Nevanlinna avait déjà indiqué des généralisations importantes [1]. Il faut surtout remarquer que

---

[1] *Sur les relations qui existent entre l'ordre de croissance d'une fonction monogène et la densité de ses zéros* (*Comptes rendus*, t. 174, 1922, p. 1325).

la condition 3° du théorème ci-dessus n'exclut pas la possibilité que les arguments des zéros a_μ ou des pôles b_ν de $f(k)$ s'approchent indéfiniment de $\pm\frac{\pi}{2}$ pour des indices indéfiniment croissants.

En terminant, nous devons remarquer qu'une méthode analogue à celle qui nous a conduit aux résultats indiqués dans cette Note avait déjà été employée dans d'autres recherches par M. Forsten Carleman ([1]).

CALCUL DES PROBABILITÉS. — *Sur un théorème de M. Markoff.* Note de M. **Alf. Guldberg.**

Dans son *Calcul des probabilités* M. Markoff a établi un théorème fondamental sur les valeurs moyennes. M. Markoff a particulièrement utilisé son théorème dans sa démonstration du célèbre théorème de Tchebycheff sur l'espérance mathématique et les valeurs moyennes.

Je me permets, dans les lignes qui suivent, de faire une remarque sur le théorème de M. Markoff.

Soit x une quantité pouvant prendre les valeurs distinctes positives x_1 avec la probabilité p_1, x_2 avec la probabilité p_2, ..., x_k avec la probabilité p_k, en sorte que $p_1 + p_2 + \ldots + p_k = 1$.

La valeur moyenne de la $n^{\text{ième}}$ puissance de la quantité x est définie par l'expression

$$m(x^n) = x_1^n p_1 + x_2^n p_2 + \ldots + x_k^n p_k.$$

Soit $a^n > m(x^n)$. En divisant $m(x^n)$ par a^n, on aura

$$\left[\frac{\sqrt[n]{m(x^n)}}{a}\right]^n = \left(\frac{x_1}{a}\right)^n p_1 + \left(\frac{x_2}{a}\right)^n p_2 + \ldots + \left(\frac{x_k}{a}\right)^n p_k.$$

Désignons par $x', x'', \ldots$ les valeurs de x supérieures à a et négligeons les autres; soient $p', p'', \ldots$ les valeurs des probabilités correspondant aux $x', x'', \ldots$. On aura

$$\left[\frac{\sqrt[n]{m(x^n)}}{a}\right]^n > p'\left(\frac{x'}{a}\right)^n + p''\left(\frac{x''}{a}\right)^n + \ldots$$

([1]) *Sur un théorème de M. Denjoy* (*Comptes rendus*, t. 174, 1922, p. 373). — *Sur les fonctions inverses des fonctions entières d'ordre fini* (*Arkiv för matematik, astronomi o. fysik.* Bd 15, 1920).

et, *a fortiori*, puisque $\frac{x'}{a}, \frac{x''}{a}, \ldots$ sont > 1,

$$(1) \qquad \left[\frac{\sqrt[n]{m(x^n)}}{a}\right]^n > p' + p'' + \ldots.$$

Si P désigne la probabilité pour que la valeur x d'une observation soit inférieure ou égale à a, le second membre de (1) est évidemment égal à $1 - P$. On a, par suite,

$$\left[\frac{\sqrt[n]{m(x^n)}}{a}\right]^n > 1 - P, \qquad P > 1 - \left[\frac{\sqrt[n]{m(x^n)}}{a}\right]^n,$$

ou encore

$$P > 1 - \frac{1}{t^n},$$

si l'on pose

$$a = t\sqrt[n]{m(x^n)} \qquad (t > 1).$$

La probabilité P *pour que la quantité* x *ne surpasse pas le multiple* $t\sqrt[n]{m(x^n)}(t > 1)$ *est supérieure à* $1 - \frac{1}{t^n}$.

Pour $n = 1$ on a le théorème de M. Markoff.

La valeur $m(x^n)$ étant $\geqq [m(x)]^n$ [1], la probabilité $1 - \frac{1}{t^n}$ augmente pourtant très souvent encore plus vite.

Appliquons le théorème au cas d'une série d'épreuves de deux événements contraires. La probabilité du premier événement soit p, et celle du second $q = 1 - p$. Nous faisons s épreuves. Le nombre d'arrivées du premier événement soit x. La valeur moyenne de x, $m(x)$, est sp, la valeur moyenne de x^2, $m(x^2)$, est $s^2p^2 + spq$.

Le théorème de M. Markoff donne la probabilité

$$P > 1 - \frac{1}{t}$$

pour

$$x \leqq tsp.$$

Notre théorème donne la probabilité, pour $n = 2$,

$$P > 1 - \frac{1}{t^2}$$

pour

$$x \leqq sp\sqrt{1 + \frac{q}{sp}}.$$

---

(1) J.-W. Jensen, *Acta mathematica*, t. 30, p. 180.

CALCUL DES PROBABILITÉS. — *Sur le critérium de Tchebycheff.* Note de M. CONSTANT LURQUIN, présentée par M. Émile Borel.

1. M. Alf. Guldberg (¹) a indiqué une généralisation du théorème de Tchebycheff, trop peu connu et qui cependant joue un rôle fondamental dans l'étude des résultats asymptotiques du calcul des probabilités. Tchebycheff s'est limité au cas des écarts moyens quadratiques (²). M. Guldberg fait l'extension au cas des écarts moyens de degré supérieur au moyen du raisonnement de Pizetti (³) qui, vingt-cinq ans après Tchebycheff, avait trouvé les résultats de ce dernier.

La généralisation de la proposition qui nous occupe peut se faire directement. Voici la démonstration brièvement indiquée.

Soient $\alpha_1, \alpha_2, \ldots, \alpha_\mu$ les valeurs possibles de la quantité variable α avec les probabilités respectives $p_1, p_2, \ldots, p_\mu$.

On a la condition

$$\sum_1^\mu {}_i p_i = 1.$$

Les valeurs moyennes des différentes puissances de α sont

$$a_1 = \sum_1^\mu {}_i p_i \alpha_i, \qquad a_2 = \sum_1^\mu {}_i p_i \alpha_i^2, \qquad \ldots, \qquad a_n = \sum_1^\mu {}_i p_i \alpha_i^n.$$

L'écart moyen absolu $\underset{(n)}{\mathrm{E}}(\alpha)$ de puissance $n^{\text{ième}}$ de α, c'est-à-dire la valeur moyenne de la puissance $n^{\text{ième}}$ de l'écart absolu $(\alpha - a_1)$, est défini par l'égalité

$$(1) \qquad \underset{(n)}{\mathrm{E}^n}(\alpha) = \sum_1^\mu {}_i (\alpha_i - a_1)^n p_i = \mathrm{M}(x^n)$$

avec

$$x = \sum_1^\mu {}_i x_i \qquad \text{et} \qquad x_i = (\alpha_i - a_1).$$

(¹) *Comptes rendus*, t. 175, 1922, p. 418.

(²) *Des valeurs moyennes* (*Journal de Mathématiques pures et appliquées*, 2ᵉ série, t. 12, 1867, p. 177).

(³) *I fondamenti matematici per la critica dei risultati sperimentali* (*Ann. della R. Univ. di Genova*, 1892, p. 184).

On a l'identité

$$(2)\qquad \frac{\sum_1^{\mu}{}_i (\alpha_i - a_1)^n p_i}{\lambda^n \underset{(n)}{\mathrm{E}^n}(\alpha)} = \frac{1}{\lambda^n}.$$

On prend $\lambda > 1$. En supprimant dans le premier membre de (2) les termes pour lesquels $\frac{(\alpha_i - a_1)^n}{\lambda^n \underset{(n)}{\mathrm{E}^n}(\alpha)}$ est < 1 et en écrivant 1 pour chacun des autres, on a

$$(3)\qquad \sum p_h = \mathrm{Q} < \frac{1}{\lambda^n}.$$

$\sum p_h$ se rapporte aux probabilités correspondantes aux valeurs conservées de α et par suite Q représente la probabilité que les valeurs de $\frac{(\alpha_i - a_1)^n}{\lambda^n \underset{(n)}{\mathrm{E}^n}(\alpha)}$ soient $\overline{\gtrless} 1$. D'où

$$\mathrm{P} = 1 - \mathrm{Q} > 1 - \frac{1}{\lambda^n} \qquad (\lambda > 1),$$

et P est la probabilité que la différence $(\alpha - a_1)$ reste comprise entre les limites données par les valeurs extrêmes de $\sqrt[n]{\lambda^n \underset{(n)}{\mathrm{E}^n}(\alpha)}$, c'est-à-dire que

$$1 - \frac{1}{\lambda^n}$$

est plus petit que la probabilité de l'existence de l'inégalité

$$|\alpha - a_1| < \lambda \underset{(n)}{\mathrm{E}}(\alpha).$$

C'est bien là l'extension de la proposition de Tchebycheff.

2. Si l'on prend $\lambda = 2$ et $n = 4$ et si l'on considère pour α seulement deux valeurs possibles de probabilités constantes p et q au cours de μ épreuves, on a l'exemple de M. Guldberg. Alors

$$p + q = 1; \qquad a_1 = \mu p; \qquad \underset{(2)}{\mathrm{E}^2}(\alpha) = \mu pq; \qquad \underset{(4)}{\mathrm{E}^4}(\alpha) = \mu pq + 3\mu(\mu - 2)p^2q^2,$$

d'où

$$\lambda \underset{(4)}{\mathrm{E}}(\alpha) = +\lambda \sqrt[4]{3 + \frac{1}{\mu}\left(\frac{1}{p} + \frac{1}{q} - 6\right)}\, \underset{(2)}{\mathrm{E}}(\alpha).$$

3. Il importe de remarquer que, pour être utile, la généralisation que nous envisageons doit se proposer d'élever la limite inférieure fournie

par le critérium. On dispose à cet effet de la quantité λ jusqu'à présent simplement assujettie à être > 1.

Soit une quantité θ définie par l'inégalité

$$\underset{(2)}{E}(\alpha) < \theta < \mu, \qquad \text{d'où} \qquad \theta = \lambda \underset{(2)}{E}(\alpha).$$

En supprimant dans (1) les x_i inférieurs à θ, on a

$$\underset{(n)}{E^n}(\alpha) \geqq \sum_m^r {}_h p_h \theta^n$$

(les valeurs $h = m, \ldots, r$ correspondent aux $x_i \geqq 0$).

Si l'on désigne par P_T^λ la probabilité de Tchebycheff pour le multiple λ de l'écart moyen de puissance $n^{\text{ième}}$ de α, on aura le critérium sous la forme

$$P_T^\lambda > 1 - \frac{\underset{(n)}{E^n}(\alpha)}{\lambda^n \underset{(2)}{E^n}(\alpha)}.$$

Cette nouvelle limite inférieure de P_T^λ sera plus resserrée que celle de Tchebycheff si la condition

$$\underset{(n)}{E^n}(\alpha) < \lambda^{n-2} \underset{(2)}{E^n}(\alpha)$$

est remplie. Pour $n = 4$, on doit avoir

$$1 + 3pq(\mu - 2) < \lambda^2 \mu pq.$$

Cette condition est satisfaisante.

Pour terminer, disons qu'il semble que des voies nouvelles d'extension s'ouvriront par la considération de plusieurs quantités variables avec examen rigoureux des conditions d'indépendance des valeurs possibles de ces quantités.

AÉRODYNAMIQUE. — *Sur un bateau qui remonte le vent en se servant du vent lui-même comme puissance motrice.* Note de MM. **Constantin**, **Joessel** et **Daloz**, présentée par M. J.-L. Breton.

Nous sommes arrivés, grâce au concours de la Direction des Recherches scientifiques et industrielles et des Inventions, à gréer un bateau de manière à lui permettre de naviguer dans toutes les directions par rapport au vent en se servant du vent lui-même comme puissance motrice. Ceci a été considéré longtemps par beaucoup de bons esprits comme un paradoxe.

Dans des expériences datant de 1910, M. Constantin a réussi à faire progresser, même vent debout, un petit chariot à roues.

Il est évident que pour utiliser le vent, même en marche debout, il ne pourrait être question d'employer des voiles ordinaires où la poussée est toujours normale à la voile, ce qui, même lorsque celle-ci est orientée au plus près, donne lieu, dans le cas du vent debout, à un effort dirigé à plus de 90° du vent et par conséquent incapable de faire progresser l'embarcation contre lui.

Nous nous sommes donc adressés à un moteur du type éolien pour capter l'énergie du vent. Dans ce moteur, nous avions à considérer d'une part la poussée exercée par le vent sur le système en mouvement, et que nous pourrons peut-être appeler la poussée sur la voile équivalente, et d'autre part l'énergie de rotation obtenue sur l'axe par le mouvement des pales.

Nous avons cherché à transmettre cette énergie de rotation à un propulseur convenable et nous avons choisi l'hélice comme le plus commode.

L'hélice marine, comme turbine aérienne, présente une poussée axiale fonction de l'énergie de rotation qu'elle reçoit. Il fallait donc nous placer dans des conditions telles que la poussée axiale ainsi réalisée fût supérieure à la composante suivant l'axe du navire de la poussée axiale liée au mouvement de turbine aérienne.

Si nous arrivons à une poussée axiale de l'hélice marine supérieure à la poussée axiale totale de la turbine aérienne, nous serons dans des conditions où le bateau pourra marcher vent debout.

Le calcul et des études systématiques faites sur de petits radeaux avec des ventilateurs comme source de vent ont montré que le problème était parfaitement soluble, pourvu que les hélices eussent des dimensions convenables et que la liaison entre les deux comportât une multiplication convenable.

Il fallait avant tout déterminer le nombre de pales de la turbine donnant le maximum de rendement. De nombreuses expériences nous ont permis de vérifier le fait bien connu des techniciens que le rendement était le meilleur avec deux pales seulement.

Nous avons alors interposé le changement de vitesse convenable et attaqué par un arbre de couche une hélice marine.

Actuellement, le gréement est monté sur le bateau de pêche le *Bois-Rosé* de six tonneaux environ. La turbine aérienne a 9^{m} de diamètre. Elle est en bois collé, ajouré et entoilé, ce qui permet de réaliser le poids minimum.

L'hélice marine est à quatre pales de $1^{m},05$ de diamètre en bronze.

L'hélice et la turbine sont munies de pales à inclinaisons variables, ce qui nous a permis de trouver le pas d'utilisation maxima.

Par raison d'économie, le *Bois-Rosé* n'a pas reçu de changement de vitesse, organe que nos projets comportaient et qui avait été réalisé dans des expériences préparatoires. Ceci donne à ce bateau une légère infériorité dans la marche vent arrière, mais la multiplication réalisée lui donne une excellente marche vent debout ou vent de côté. Ceci est suffisant pour juger des propriétés fondamentales du système.

L'orientation de la turbine aérienne qui doit pouvoir prendre toutes les directions par rapport à celle du navire, de manière à être toujours normale au vent, a été réalisée au moyen d'un engrenage à vis sans fin, que le pilote peut manœuvrer très aisément en même temps que sa barre. L'orientation de la turbine pourra être commandée par un dispositif automatique. Il y a à ce problème plusieurs solutions.

Le gréement du bateau a donné lieu à une grosse difficulté tenant à ce que le poids des superstructures était fort élevé et à ce que la réaction du vent sur la turbine, appliquée au sommet du pylône servant de mât, avait un couple considérable. Dans une solution véritablement industrielle, il faudra envisager un moyen de carguer les pales. Le bateau actuel, avec ses pales absolument correctes, donne la limite vers laquelle on doit tendre. Dans les études d'essai sur le bateau *La Dresinette*, un procédé a été essayé pour carguer les pales.

Actuellement nous avons résolu le problème en ajoutant au bateau une fausse quille de 50^{cm}, ce qui lui donne un tirant d'eau de $1^{m},80$ mais lui assure une stabilité parfaite.

Le bateau ainsi équipé s'est montré d'une souplesse admirable de manœuvre, un seul homme suffit à le conduire entre Sèvres et Saint-Cloud, au milieu de la navigation active du fleuve et malgré le courant de la Seine. Sa souplesse est exactement la même que celle d'un bateau à moteur thermique.

ÉLECTRO-OPTIQUE. — *Sur le système spectral des rayons Röntgen.* Note (¹) de MM. **L. de Broglie** et **A. Dauvillier**, présentée par M. E. Bouty.

Dans une série de Notes (²) présentées au cours de l'an dernier nous avons montré que l'interprétation théorique des résultats expérimentaux de

(¹) Séance du 16 octobre 1922.

(²) *Comptes rendus*, t. 172, 1921, p. 915 et suiv. Voir aussi : A. Dauvillier, *Journal de Physique*, mai et juillet 1922.

l'un de nous, suivant les idées de Smekal et de Rubinovicz, permettait de

Niveaux de départ	Quanta équatoriaux, radiaux, de latitude	Quanta azimutaux	K	L_3	L_2	L_1	M_6	M_5	M_4	M_3	M_2	M_1	N_{10}	N_9	N_8	N_7	N_6	N_5	N_4	N_3	N_2	N_1	O_6	O_5	O_4	O_3	O_2	O_1	P_3	P_2	P_1	Q
			100	110	101	200	120	111	210	102	201	300	130	121	220	112	211	310	103	202	301	400	120	111	210	102	201	300	110	101	200	100
			1	1	2		1	2		3			1	2		3			4				1	2		3			1	2		1
L_3	110	1																														
L_2	101	2	α_2																													
L_1	200		α_1																													
M_6	120	1			η	l																										
M_5	111	2	β'_1	β_4																												
M_4	210		β_1	β_3	$\underline{\beta_{11}}$																											
M_3	102	3		$\underline{\beta_9}$	β_1	α_2																										
M_2	201			$\underline{\beta_8}$	*	α_1																										
M_1	300				*	α_3																										
N_{10}	130	1			γ_5	β_6		*	*																							
N_9	121	2	*	γ_7			*			*	*	*																				
N_8	220		γ_1	γ_3			*			*	*	*																				
N_7	112	3			γ_1	β'_2		ε	γ																							
N_6	211				*	β_2		*	*																							
N_5	310			$\underline{\gamma_9}$	*	β'''_2		*	*																							
N_4	103	4			$\underline{\gamma_{10}}$	$\underline{\beta''_2}$				*	*	*																				
N_3	202				$\underline{\gamma_6}$	$\underline{\beta'_2}$				β	α_2	*																				
N_2	301									*	α_1	*																				
N_1	400									*	*	*																				
O_6	120	1			γ_{11}	β_7		*	*					r	*																	
O_5	111	2	*	γ_4 II			*			*	*	*	r			*	*	*														
O_4	210		*	γ_4 I			*			*	*	*	r			*	*	*														
O_3	102	3			γ_2	*		*	*					*	r				*	*	*	*										
O_2	201				*	β_5		*	δ					r	r				*	*	*	*										
O_1	300				*	*		*	*					*	*				*	*	*	*										
P_3	110	1			γ'_2	β'_5		*	*					*	*									*	*							
P_2	101	2	*	γ_8 II(?)			*			*	*	*	r			*	*	*					*			*	*	*				
P_1	200		*	γ_8 I			*			*	*	*	r			*	*	*					*			*	*	*				
Q	100	1																												*	*	Séries optiques

rendre compte de la presque totalité des lignes observées dans les séries L

des éléments. Les nouvelles données expérimentales (¹) justifiant constamment les prévisions, nous pensons qu'il est aujourd'hui possible de présenter sur ces bases un système général des spectres Röntgen doué d'une symétrie non encore atteinte jusqu'ici.

Le Tableau ci-contre reproduit ce système. Il est basé sur le principe de l'alternance rigoureuse des doublets réguliers et irréguliers (Wentzel) et la structure triple des raies α_1 et β_2.

Suivant les idées de Smekal, nous attribuons à chaque électron intra-atomique trois degrés de liberté. Rapportons toute la structure interne de l'atome à un plan de référence que nous nommerons « plan de l'équateur ». La position d'un électron dans l'atome sera définie par sa distance au centre; le rayon vecteur, par l'azimut de sa projection sur le plan de l'équateur et par sa latitude. A chaque degré de liberté, correspond un nombre de quanta : quanta radiaux, quanta équatoriaux et quanta de latitude. Supposons, pour simplifier, la trajectoire de l'électron contenue dans un plan incliné sur l'équateur. Dans le plan de sa trajectoire, la position du mobile est fixée par le rayon vecteur et l'azimut; à cette dernière coordonnée correspond un nombre de quanta (azimutaux) qui est égal, comme Sommerfeld l'a montré, à la somme des nombres de quanta équatoriaux et de latitude.

Guidés par les suggestions théoriques de Rubinovicz et de Bohr, nous avons admis comme « principe de sélection » que le nombre de quanta azimutaux devait varier d'une unité lors du passage d'un électron d'une trajectoire à l'autre. Dans le Tableau ci-contre, à chaque niveau sont attribués trois chiffres donnant respectivement les nombres de quanta radiaux, équatoriaux et de latitude; un quatrième chiffre, inscrit au-dessous et égal à la somme du premier et du troisième, est le quantum azimutal en question.

Les lignes reconnues jusqu'ici et satisfaisant à ces principes sont inscrites en caractères gras, y compris huit raies désignées par r, récemment obser-

---

(¹) L'un de nous a déjà signalé (A. DAUVILLIER, *Comptes rendus*, t. 174, 1922, p. 1543) qu'ayant repris l'étude en premier ordre des séries L de l'uranium en triplant la dispersion et en augmentant l'intensité, il avait pu dédoubler la raie γ_4 en deux composantes d'égale intensité γ_4 I $= 574,4$ X et γ_4 II $= 575,6$. L'intervalle en longueur d'onde du doublet régulier $O_4 O_5$ est en faveur de notre attribution de 3 quanta à la couche O, contrairement à l'hypothèse de Bohr lui assignant 5 quanta. L'existence du doublet $\beta'_5 \gamma'_2$, découvert pour l'or, a été vérifiée depuis pour U : $\beta'_5 = 721,1$; $\gamma'_2 = 591,8$. Ses composantes sont nettement de plus grandes longueurs d'ondes que celles des limites d'absorption L_1 et L_2, ce que justifie nos précédentes attributions. La ligne γ_{11}, découverte pour Ba, a également été retrouvée : $\gamma_{11} = 599,5$, de même que $\gamma_6 = 601,3$ et $\gamma_{10} = 611,0$. Enfin, fait important, la ligne formant un doublet de Sommerfeld avec cette dernière, la raie $\beta''_2 = 748,7$, paraît bien être double (β''_2 et β'''_2) comme nous l'avons démontré pour l'or. Elle est en effet large et diffuse par rapport à la ligne très fine de même intensité β'_2.

vées par Dolejseck dans la série N. Les astérisques indiquent les lignes prévues non encore observées, y compris les séries O et P. Les raies admettant pour niveaux d'arrivée les limites Q appartiennent au domaine optique. Celles inscrites dans les séries L en maigre et soulignées — toutes très faibles — font exception au principe. $\beta_8 \beta_9$ et γ_9, ainsi que les lignes prenant naissance avec les terres rares ($\gamma_{10} \beta''_2 \beta_6$ et β'_7), correspondraient à une variation de deux unités du quantum azimutal.

Ce Tableau fait apparaître pour la première fois la vraie structure de la série K, à savoir une suite de lignes de plus en plus faibles et resserrées vers la limite d'absorption : $\alpha_1 \beta_1 \gamma_1 \ldots$, accompagnées chacune d'un satellite de plus grande longueur d'onde formant un doublet régulier. Les termes O_4K et P_1K sont encore inconnus, la raie γ_2 trouvée par l'un de nous pour le cuivre étant une ligne d'ionisation. La série de Lyman de l'hydrogène doit présenter cette structure.

La série L_3 présente un aspect analogue avec cette différence qu'il s'agit d'une suite de doublets réguliers dont les composantes sont d'égale intensité. Seule la ligne γ_8 n'a pas encore été résolue.

La série L_2 présente une anomalie remarquable qui est l'absence des deux satellites de haute fréquence prévus pour les lignes β_1, γ_1 et γ_2. La raie β_5 de L_1 doit être un triplet. Le groupe L_1 L_2 a essentiellement la structure de la série de Balmer, c'est-à-dire une suite de doublets de Sommerfeld, se resserrant vers la double limite d'absorption. Des systèmes de triplets et de quadruplets sont prévus dans les séries M et N.

OPTIQUE. — *Photométrie de sources lumineuses constituées par des corps noirs à des températures différentes.* Note de MM. **M. Vuillaume** et **A. Boutaric**, présentée par M. Daniel Berthelot.

I. Crova [1] et Macé de Lépinay [2] ont proposé autrefois d'éliminer les difficultés que présente la photométrie hétérochrome en faisant porter la comparaison photométrique sur une ou deux régions spectrales déterminées.

Il est évident que ces méthodes ne sauraient convenir à l'étude de sources lumineuses donnant un spectre de lignes ou un spectre continu exceptionnel. Même dans le cas particulièrement simple de sources assimilables à des corps noirs, il est aisé de vérifier qu'elles donnent des résultats insuffisants dès que les températures des sources ne sont pas très voisines. Mais nous allons indiquer des variantes simples de ces méthodes qu'on pourra appli-

---

(1) A. Crova, *Annales de Chimie et de Physique*, 6e série, t. 6, 1885, p. 528.
(2) Macé de Lépinay, *Comptes rendus*, t. 97, 1883, p. 1428.

quer à la comparaison de sources dont les températures diffèrent de plus de 2000 degrés ([1]).

2. La méthode de Crova consiste à effectuer les comparaisons photométriques à travers une cuve à faces parallèles contenant une solution de perchlorure de fer et de chlorure de nickel qui ne laisse passer que des radiations voisines de $\lambda = 582^{m\mu}$. Si l'on calcule l'éclat lumineux du corps noir r exprimé en W : cm² à diverses températures T et l'émission ρ du corps noir pour la radiation $\lambda = 582^{m\mu}$ aux mêmes températures, calculée d'après la formule de Planck ([2]), on constate que le rapport $\frac{r}{\rho}$ varie avec la température, contrairement à ce qu'exigerait l'exactitude de la méthode de Crova.

Mais, supposons qu'on utilise comme étalon dans les mesures photométriques une source de température déterminée et connue.

Désignons par r_0 l'éclat, et par ρ_0 l'émission pour $\lambda = 582^{m\mu}$, relatifs à l'étalon de température T_0; par r et ρ les valeurs correspondantes pour une source de température T. On peut calculer, pour les températures T, les quotients $x = \frac{\rho}{\rho_0}$, $y = \frac{r}{r_0}$ et construire le graphique $y = f(x)$. Ce graphique permet, connaissant x, rapport des émissions pour $\lambda = 582^{m\mu}$, de calculer y, rapport des éclats lumineux.

Voici les valeurs de x et de y, relatives à la comparaison de sources de diverses températures T à un étalon de température $T_0 = 2000°$ abs. :

T.	x.	y.	y donné par la formule (1).
2000° abs.	1	1	1
3000 »	60,9	63,8	64,8
4000 »	476	530	523
5000 »	1640	1940	1830

On voit qu'en supposant $y = x$, comme le faisait Crova, on commet une erreur qui est déjà de 5 pour 100 dès que la température de la source étudiée atteint 3000°.

La quatrième colonne du Tableau contient les valeurs de y calculées par la formule

$$y = x^{1,015}. \tag{1}$$

([1]) Le détail des calculs sera publié ailleurs.

([2]) r est obtenu par l'intégrale $r = \int_{0^{\mu},4}^{0^{\mu},8} L_\lambda \rho_\lambda d_\lambda$, où L_λ désigne le coefficient de luminosité relatif à la radiation λ.

L'écart entre les valeurs de y ainsi déduites des mesures de x et les valeurs exactes de y ne dépasse pas $\frac{1}{60}$ à 4000°; il est de l'ordre des erreurs d'expériences dans les comparaisons photométriques. La formule (1) est valable pour les mesures rapportées à un étalon dont la température est comprise entre 2000° et 3000°. Pour des étalons dont la température est en dehors de ces limites, on établira sans peine une autre formule empirique ou on utilisera un graphique.

3. Macé de Lépinay effectuait les comparaisons photométriques, successivement à travers une cuve rouge (solution de perchlorure de fer) laissant passer les radiations voisines de $\lambda = 630^{m\mu}$ et une cuve verte (solution de chlorure de nickel) laissant passer les radiations voisines de $\lambda = 530^{m\mu}$. En désignant par r et v les mesures ainsi obtenues, Macé de Lépinay calculait le rapport y des intensités lumineuses par la formule

$$\frac{r}{y} - 1 = 0,208\left(1 - \frac{v}{r}\right).$$

Le Tableau ci-dessous contient les valeurs de v, r, $\frac{y}{r}$ relatives à des sources de diverses températures T comparées à un étalon dont la température est 2000° abs.

T.	v.	r.	y.	y. (formule de Macé de Lépinay).	y [formule (2)].
000° abs.	1	1	1	1	1
3000 » ..	$9,13 \times 10$	$4,45 \times 10$	64,1	57,0	63,2
4000 » ..	$8,73 \times 10^2$	$2,99 \times 10^2$	529	496	529
5000 » ..	$3,39 \times 10^3$	$9,39 \times 10^2$	1944	2056	1925

La cinquième colonne donne les valeurs de y déduites de la formule de Macé de Lépinay, et la sixième colonne celles calculées par l'équation

$$\frac{y}{r} - 1 = 2.10^{-4}\Theta\left(\frac{v}{r} - 1\right), \tag{2}$$

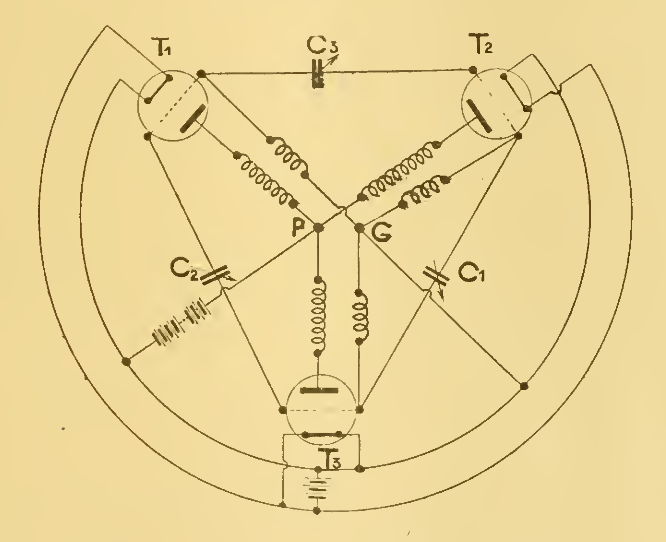
où Θ désigne la température absolue de l'étalon, ici 2000°. (La formule a été vérifiée pour des températures de cet étalon comprises entre 1600° et 3000° abs.)

La formule de Macé de Lépinay apparaît comme insuffisante. La formule que nous proposons fournit des valeurs de y en excellent accord avec celles que donnerait la comparaison directe des sources.

ÉLECTRICITÉ. — *Génération par tubes électroniques d'oscillations polyphasées de haute fréquence.* Note de M. R. Mesny, présentée par M. G. Ferrié.

Si avec n triodes on réalise un montage ayant une symétrie géométrique d'ordre n, le système ainsi constitué doit être capable de donner naissance, dans des conditions convenables, à un ensemble d'oscillations polyphasées d'un ordre au moins égal à n.

Le montage à trois triodes, schématisé sur la figure, permet en effet



d'obtenir des oscillations triphasées. Les filaments sont en parallèle sur la même source; les trois selfs de plaque aboutissent à un point commun P réuni à l'un des pôles du filament à travers une source de haute tension; les trois selfs de grille aboutissent de même à un point commun G connecté à l'une des bornes du filament. Des condensateurs C_1, C_2, C_3 relient deux à deux les grilles des différents triodes.

Les oscillations ainsi obtenues sont stables et se maintiennent pour des différences entre les éléments homologues des circuits atteignant 4 à 5 pour 100, ce qui permet de faire supporter à ces circuits des charges différentes. Quand les écarts entre les mêmes éléments sont plus grands, le système donne naissance à des oscillations de 2 ou 3 fréquences principales,

mais les oscillations triphasées à fréquence unique s'accrochent d'elles-mêmes brusquement dès que, en variant les capacités ou les selfs, on revient dans les limites ci-dessus indiquées.

L'existence des oscillations triphasées peut être manifestée en réalisant un champ tournant par les mêmes procédés employés pour les fréquences industrielles, par exemple en envoyant les trois courants déphasés à 120° dans trois bobines faisant entre elles le même angle de 120°. Une spire de fil très fin suspendue au milieu de ce système se met à tourner rapidement dès l'accrochage du courant triphasé; la rotation peut avoir lieu à volonté dans un sens ou dans l'autre.

Le même champ tournant peut être utilisé à la mesure des phases en haute fréquence. Si l'on remplace la spire mobile par une bobine orientable, on peut recueillir avec cette bobine une force électromotrice dont la phase dépend de son orientation, et pour une construction convenable des bobines fixes et mobile, les variations de phase de cette force électromotrice sont mesurées par les angles dont on fait tourner la bobine orientable. Elles peuvent donc être lues directement sur un cadran.

En introduisant cette force électromotrice dans un circuit d'écoute on pourra l'opposer par couplage magnétique ou autre à telle autre force électromotrice de même fréquence et mesurer la phase de celle-ci par la méthode de zéro. On obtient ainsi les différences de phases avec une approximation qui peut dépasser le degré. Les applications en sont nombreuses; par exemple l'étude des déphasages aux différents étages des amplificateurs est très simple à exécuter.

D'autre part, le système peut être utilisé pour l'émission de champs tournants. Si trois cadres verticaux, orientés à 120° l'un de l'autre, sont parcourus par les trois courants, ils rayonnent un champ tournant ayant pour axe de révolution la verticale qui constitue l'axe de symétrie des cadres. Sur cet axe, la polarisation est circulaire. Sur une droite faisant avec l'axe un angle θ, la polarisation est elliptique, le rapport des axes de l'ellipse est égal à $\cos^2\theta$ et son petit axe rencontre l'axe de révolution. Un tel champ peut être utilisé pour la détermination de la position d'un aéronef par rapport à son champ d'atterrissage par temps bouché.

Le montage indiqué est un montage type qui peut être modifié dans des limites très étendues en conservant la symétrie ternaire.

CHIMIE ANALYTIQUE. — *Sur la séparation de l'oxyde ferrique et de l'alumine d'avec la magnésie par la méthode des azotates.* Note de M. **André Charriou**, présentée par M. H. Le Chatelier.

Dans une Note précédente (¹), j'ai étudié les entraînements de la chaux par l'oxyde ferrique et l'alumine se produisant dans la séparation de ces corps par la méthode des azotates de H. Sainte-Claire Deville (²). De même, la séparation de l'oxyde ferrique et de l'alumine d'avec la magnésie par cette même méthode est incomplète par suite de l'entraînement de la magnésie par l'oxyde ferrique et l'alumine. J'ai recherché les moyens de diminuer ces entraînements.

Influence de la température de décomposition des azotates. — Après le traitement par la chaleur la masse était reprise avec 50^{cm^3} d'une solution bouillante d'azotate d'ammoniaque à 4 pour 100, conservée à chaud pendant 1 heure, puis lavée à l'eau bouillante :

I. *Oxyde ferrique et magnésie.*

Solution.		Mode de décomposition des azotates par la chaleur.	MgO	
MgO.	Fe^2O^3.		entraînée.	pour 100.
0,56	0,142	Jusqu'au commencement de la décomposition du sous-nitrate de magnésie (apparition des vapeurs nitreuses) (vers 350°, d'après Sainte-Claire Deville).	0,0192	13,5
0,56	0,1418	Jusqu'après la décomposition de l'azotate ferrique, en élevant la température jusqu'à 250° environ.	0,014	9,8
0,56	0,141	Jusqu'à la fin de la décomposition de l'azotate ferrique vers 150°.	0,0014	1

II. *Alumine et magnésie.*

Solution.		Mode de décomposition des azotates par la chaleur.	MgO	
MgO.	Al^2O^3.		entraînée.	pour 100.
0,56	0,166	Jusqu'au commencement de la décomposition du sous-nitrate de magnésie (apparition des vapeurs nitreuses) (vers 350°, d'après Sainte-Claire Deville).	0,0104	6,3
0,56	0,166	Jusqu'après la décomposition de l'azotate d'alumine, en élevant la température jusqu'à 250° environ.	0,004	2,3
0,56	0,166	Jusqu'à la fin de la décomposition de l'azotate d'alumine vers 150°.	0,0011	0,66

(¹) *Comptes rendus*, t. 174, 1922, p. 751.

(²) *Ann. de Chim. et de Phys.*, 3e série, t. 38, 1853, p. 5.

Il semble donc que l'entraînement croît en même temps que la teneur du mélange en sous-nitrate de magnésie, puis en magnésie; les entraînements de la magnésie par l'alumine étant inférieurs aux entraînements de la magnésie par l'oxyde ferrique.

Influence de la concentration de l'azotate d'ammoniaque. — J'ai cherché à diminuer l'entraînement en augmentant la concentration de l'azotate d'ammoniaque.

La décomposition des azotates étant réalisée vers 150° :

1° La masse était reprise une seule fois avec 50^{cm^3} de solution bouillante d'azotate d'ammoniaque à 10 pour 100, conservée à chaud pendant 1 heure, puis lavée à l'eau bouillante.

		MgO entraînée.	MgO pour 100.
Solution I	$MgO = 0,56$; $Fe^2O^3 = 0,142$	0,001	0,6
Solution II	$MgO = 0,56$; $Al^2O^3 = 0,166$	Traces	»

2° La masse était reprise trois fois successivement avec 50^{cm^3} de solution bouillante d'azotate d'ammoniaque à 10 pour 100, la liqueur surnageante étant chaque fois décantée. Enfin lavage par décantation à l'eau bouillante.

Solution I.		Solution II.	
MgO.	Fe^2O^3.	MgO.	Al^2O^3.
0,56	0,142	0,56	0,166

L'entraînement a été nul dans le cas des deux sesquioxydes pris séparément, de même dans le cas du mélange des deux sesquioxydes.

Méthode de dessiccation après précipitation par l'ammoniaque. — J'ai appliqué cette méthode de séparation plus pratique que celle des décantations successives, et qui m'avait permis d'annuler les entraînements de la chaux par l'oxyde ferrique et l'alumine.

Dans chaque solution le sesquioxyde était précipité avec 2^{cm^3} d'une solution d'ammoniaque à 11^{mol} par litre, en présence d'azotate d'ammoniaque; puis le tout était desséché sans dépasser 150° pour ne pas décomposer tout l'azotate d'ammoniaque. La masse était ensuite reprise et lavée par décantation à l'eau bouillante.

I. *Oxyde ferrique et magnésie.*

Solution.			MgO	MgO
MgO.	Fe^2O^3.	NO^3NH^4.	entraînée.	pour 100.
0,56	0,143	2^g	0,0014	1
0,56	0,142	4^g	0,0013	0,9

II. *Alumine et magnésie.*

Solution			MgO	
MgO.	Al^3O^3.	NO^3NH^4.	entraînée.	pour 100.
0,56	0,166	2g	0,001	0,6
0,56	0,166	4g	0,001	0,6

Dans ces conditions, l'entraînement est donc très faible.

Dans toutes les expériences précédentes :

1° Il est utile, après l'ébullition avec la solution d'azotate d'ammoniaque, d'introduire dans la capsule une goutte d'ammoniaque : l'alcali ne doit causer aucun trouble dans la liqueur, ce qui prouve qu'aucune trace d'alumine et de fer n'existe plus en solution.

2° Il est très difficile de débarrasser complètement pendant le lavage la capsule de tout l'oxyde qui y adhère, aussi il faut :

Soit tarer au préalable la capsule et y réaliser la calcination puis la pesée des sesquioxydes ;

Soit dissoudre les parcelles d'oxydes avec un peu d'acide azotique, puis précipiter par l'ammoniaque en présence d'un peu d'azotate d'ammoniaque et entraîner le tout sur le filtre.

Dans toutes ces expériences, le lavage était tel que le volume total des eaux de lavage (dans lesquelles est dosée ensuite la magnésie) était toujours de 500^{cm^3}.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Action du sodammonium sur l'hexaméthylènetétramine, le tétraméthyldiaminométhane et l'éthylidèneéthylimine.* Note (1) de M. PICON, présentée par M. A. Haller.

Le sodammonium ne réagit pas sur l'hexaméthylènetétramine, même à l'autoclave à la température ordinaire.

C'est le seul réactif hydrogénant sans action sur ce corps. Tous les autres fournissent des produits d'hydrogénation sur le carbone ou sur l'azote et l'on obtient, dans différents cas, du méthane, des méthylamines et de l'ammoniac; mais ainsi que l'a remarqué M. Ferrand (2) ces diverses études sur l'hydrogénation ont été faites en milieu aqueux acide ou alcalin et elles présentent une cause commune d'erreur : l'hydrolyse ou la décom-

(1) Séance du 16 octobre 1922.

(2) FERRAND, *Thèse de doctorat en Pharmacie.* Paris, 1920.

position de l'hexaméthylènetétramine en ses deux constituants formol et ammoniac.

L'action absolument négative du sodammonium exécutée dans le dissolvant ammoniaque liquide dans lequel l'hexaméthylènetétramine est parfaitement stable, présente un intérêt au point de vue de la constitution de ce composé organique, car elle nous permettra peut-être de vérifier si cette action est en accord avec la constitution d'un corps saturé comme celle généralement admise et proposée par Duden et Scharff (1895), ou bien avec la formule non saturée indiquée un peu plus tard par M. Delépine pour rendre compte en particulier de la formation d'un dérivé trinitrosé.

Dans ce but, nous avons essayé l'action du sodammonium sur des composés azotés de la série acyclique, l'un saturé, l'autre possédant une double liaison entre un atome de carbone et un atome d'azote.

Comme dérivé possédant une double liaison, nous n'avons pu employer les cétimines, car celles qui ont été préparées jusqu'ici contiennent toutes un radical cyclique. Or nous avons déjà montré en collaboration avec M. Lebeau [1] que l'hydrogénation par le sodammonium d'une liaison éthylénique ne s'effectue pas dans la série acyclique, mais qu'elle devient au contraire possible si la liaison est contiguë à un noyau; il fallait donc éliminer pour cette étude tout composé possédant une partie cyclique et il nous restait à employer les imines grasses.

Un certain nombre de celles-ci n'existent pas libres et se polymérisent très rapidement. Toutefois Henry [2] a signalé que la polymérisation diminue si le poids moléculaire augmente.

En particulier, si l'on utilise de l'aldéhyde éthylique et de l'éthylamine, on obtient un composé $CH^3-CH=N-C^2H^5$ bouillant à 48°, température voisine du point d'ébullition de l'amine saturée correspondante, la diéthylamine qui bout à 55°. La condensation de cette imine est donc extrêmement faible. Le produit que nous avons employé bouillait à 46°,5-48°,5 sous la pression normale.

Ce corps est attaqué par le sodammonium, la réaction ne s'effectue pas à — 40°, mais vers — 20° seulement, lorsque la solution de sodammonium dans l'ammoniaque liquide est concentrée et de couleur mordorée. L'action n'est donc complète que lorsqu'on laisse l'appareil reprendre la température ordinaire sous pression dans un autoclave. Il se forme de l'amidure de

---

(1) P. Lebeau et M. Picon, *Comptes rendus*, t. 175, 1922, p. 223.

(2) Henry, *Recueil Trav. chim. Pays-Bas*, t. 23, 1904, p. 401.

sodium et l'on observe une condensation de la molécule représentant un mode de réaction qui n'a pas encore été signalé pour les imines.

Après départ de l'ammoniaque, le produit obtenu est isolé facilement de l'amidure de sodium en traitant le résidu par de l'éther. La solution évaporée à froid dans le vide laisse un résidu liquide qu'on recueille après deux rectifications à 166°-167° sous la pression de 760mm. Le rendement est de 60 pour 100; il reste en outre 30 pour 100 de produit passant entre 167° et 210°.

L'analyse du corps distillant à 166°-167° et la densité de vapeur correspondent à la formule $C^8H^{20}N^2$.

On peut facilement préparer des sels : le chlorhydrate cristallisé qui est très déliquescent, soluble dans l'eau et l'alcool ; le sulfate très bien cristallisé, se sublimant sans fondre vers 280°, soluble dans l'eau, insoluble dans l'alcool, de formule $C^8H^{20}N^2, SO^4H^2$; le chloroplatinate dont l'hydrate est très bien cristallisé et peut s'écrire $C^8H^{20}N^2, 2HCl.PtCl^4, 6H^2O$; le picrate également très bien cristallisé; le chloroaurate, le chloromercurate qui précipitent également, mais amorphes dans les solutions à 1 pour 100.

Les réactifs usuels des alcaloïdes donnent des précipités amorphes avec la solution aqueuse de cette base.

Ce composé azoté est une diamine secondaire; il fournit en effet, avec l'acide azoteux, un dérivé dinitrosé $C^8H^{18}N^4O^2$ très bien cristallisé en prismes, soluble dans l'alcool et dans l'éther, très faiblement coloré en jaune pâle et fondant à 74°,5.

En présence de l'éthylmagnésium en solution éthérée, une molécule de cette amine donne naissance à deux molécules d'éthane, comme le fait une diamine secondaire ou primaire.

Nous pouvons déduire de tous ces faits que le corps formé dans l'action du sodammonium sur l'éthylidèneéthylimine est un produit d'hydrogénation et de condensation de 2mol de cette imine sans départ d'ammoniac comme on l'observe dans la formation des cétisocétimines [1]. On obtient le diéthyldiaminobutane

$$CH^3-CH(NH-C^2H^5)-CH(NH-C^2H^5)CH^3.$$

L'hydrogène produit par le sodammonium s'est fixé sur l'azote de l'imine pour donner une fonction amine secondaire, puis il y a eu condensation entre 2mol par la liaison restée libre dans le carbone voisin. La réaction

(1) MOUREU, *Annales de Chimie*, 9e série, t. 14, 1920, p. 348.

peut être formulée de la façon suivante :

$$2C^4H^9N + N^2H^6Na^2 = 2NH^2Na + C^8H^{20}N^2.$$

Pour déterminer l'action du sodammonium sur un dérivé azoté saturé nous avons employé le tétraméthyldiaminométhane préparé par Henry et bouillant vers 85° [1]. Ce corps n'est pas attaqué par le sodammonium même dans un autoclave à la température ordinaire après un contact de 24 heures.

En résumé, le sodammonium est le seul réactif hydrogénant sans action sur l'hexaméthylènetétramine. Il est également sans action sur les composés azotés saturés de la série grasse. Il réagit sur les composés azotés non saturés en fournissant avec un rendement de 60 pour 100 un produit de condensation dans lequel 2^{mol} du corps primitif sont soudées par les atomes de carbone non saturés. C'est là une nouvelle réaction des imines, elle permet de préparer facilement les diamines secondaires 1. 2, classe de composés dont on ne connaît que deux représentants.

L'action négative sur l'hexaméthylènetétramine permet de déduire que ce corps ne possède aucune double liaison entre un atome d'azote et un atome de carbone; c'est un fait à l'appui de la formule de constitution généralement admise de Duden et Scharff.

LITHOLOGIE. — *Sur les roches basiques du massif de syénite néphélinique de la « Serra de Monchique » et de ses alentours* (Algarve). Note [2] de M. **Pereira de Sousa**.

La « Serra de Monchique » a été étudiée par différents savants ; des types lithologiques de roches alcalines (foyaïte et monchiquite) ont été définis, d'après cette région ; des types de différenciation basique y ont été signalés sous le nom d'*essexite*. Je me suis proposé de compléter l'étude chimique et minéralogique de ce centre éruptif. C'est la composition minéralogique et chimique des roches basiques qui fait l'objet de la présente Note. Les analyses données ci-dessous sont dues à M. Raoult.

I. *Série à biotite*. — Une première catégorie est constituée par des *shonkinites*, roches à grain moyen, uniformément grenues ou bien présentant de grands cristaux feldspathiques, porphyroïdes, aplatis, de 1^{cm}. Elles sont

---

(1) Henry, *Bull. Acad. roy. Belg.*, 3e série, t. 26, p. 200.

(2) Séance du 30 janvier 1922.

constituées par de la biotite et de l'augite ægyrinique titanifère, en petits cristaux et beaucoup de sphène ; les minéraux blancs sont l'orthose et la néphéline. Dans une deuxième catégorie, les roches sont des *shonkinites passant aux théralites*, dans lesquelles le pyroxène est violacé et accompagné d'un peu de plagioclase, de hornblende et (analyse 5) de beaucoup d'olivine. Les analyses 1 à 5 montrent les remarquables relations chimiques existant entre les différents éléments qui croissent et décroissent d'une façon à peu près continue. Le terme extrême auquel aboutissent les shonkinites est cette roche néphélinique, dépourvue de feldspath, que M. A. Lacroix a récemment désignée sous le nom d'*algarvite*. Elle est constituée par de l'augite verte et de la biotite, groupées par taches dans lesquelles dominent l'un ou l'autre de ces minéraux ; il existe aussi un peu de sphène et d'ilménite. Tous ces minéraux sont enveloppés pœcilitiquement par des plages de néphéline. L'algarvite se distingue des autres roches de la série, en ce qu'elle est plus riche en alcalis et magnésie, et moins calcique.

	1.	2.	3.	4.	5.	6.
SiO^2........	49,52	47,76	46,84	43,46	42,44	43,84
Al^2O^3.......	13,82	12,69	15,47	11,94	10,73	12,03
Fe^2O^3	5,92	6,08	4,16	6,92	5,56	5,33
FeO........	4,37	4,59	5,39	7,15	6,82	6,30
MgO	3,33	4,02	4,31	4,55	10,94	8,59
CaO........	5,58	8,42	9,72	11,62	10,64	8,88
Na^2O.......	7,36	6,25	5,49	4,24	3,56	6,37
K^2O......	5,76	4,63	3,68	2,63	2,88	3,76
TiO^2	2,21	4,09	4,15	5,08	4,42	4,12
P^2O^5	0,84	0,72	0,34	0,76	0,69	0,38
H^2O+	0,49	0,74	0,31	1,28	0,91	0,52
H^2O-	0,19	0,14	0,35	0,24	0,23	0,29
CO^2	0,49	»	»	»	0,49	0,17
Cl..........	»	»	»	»	»	»
MnO	»	»	»	»	»	»
	99,88	100,13	100,21	99,87	100,31	100,38

Reste à préciser le rôle géologique de ces roches. Les *shonkinites* (analyses 1 et 2) forment deux filons dans la syénite. Elles ont pour formule magmatique III.'7.1.3., III.'7.1.3 (4). Les shonkinites des analyses 3 et 4 ont les mêmes paramètres III. 6(7).'2.4. Elles forment des enclaves dans la syénite. Tandis que les autres shonkinites sont grenues, la roche 3 présente une tendance microgrenue des éléments blancs et aussi un peu de plagioclase ; c'est une *shonkinite passant à la théralite*. L'analyse n° 5 est celle d'une

théralite passant à la shonkinite micacée, mélanocrate, elle se trouve en enclaves dans la syénite. Sa formule magmatique est III (IV). (6) 7. (I) 2. 4. Enfin, l'*algarvite* forme un filon dans la syénite et se trouve à 1100^{m} S 64° E de la pyramide Navete, dans le « barranco » (Caldas de Monchique). Ses paramètres sont III (IV). [9. 1. 4]. '2. 2. 2'. 2.

II. *Série à hornblende.* — Cette série est caractérisée par une hornblende brune, associée à l'augite titanifère, violacée. Ces deux minéraux automorphes sont englobés pœcilitiquement par des plages de plagioclase, un peu d'orthose, de la néphéline et aussi du sphène avec beaucoup d'apatite. Ces roches sont très mélanocrates. Par l'abondance de cette hornblende, ces roches se rapprochent du type décrit, à Madagascar, par M. A. Lacroix, sous le nom de *berondrite*. Elles en constituent une variété, dont le plagioclase est un peu moins basique. Elles établissent le passage des théralites aux berondrites ([1]). Le terme extrême de cette série (analyse 10) est une *wehrlite* feldspathique et amphibolique minéralogiquement caractérisée par la prédominance de l'olivine sur les éléments colorés et la disparition de la néphéline; cette roche se distingue par la réduction de la teneur en silice, alumine et l'augmentation de fer et surtout de la magnésie.

La *berondrite* de l'analyse 7 forme un grand affleurement au milieu de la syénite. Elle a pour formule magmatique III.(IV)6.2.'4. Celle de l'analyse 8 qui possède une structure porphyrique et qui contient en outre de l'olivine, constitue un facies de variation de la précédente. Ses paramètres sont IV[7.1'.4]2.1.3.2. Enfin, la *berondrite* de l'analyse 9 forme une enclave dans la syénite. Sa formule magmatique est III.6(7).2(3).4. La *wehrlite* traverse le Moscovien. Ses paramètres sont IV'.2.3'.'2.'2.

III. *Séries à facies basaltique.* — Ces roches renferment en général de grands phénocristaux de hornblende brune et d'augite, dans la roche 11, la hornblende est en voie de résorption dans un magma formé de microlites feldspathiques avec une grande quantité de grains d'augite, de hornblende et d'ilménite. Cette roche est compacte, formée par de petits phénocristaux d'augite, des baguettes de hornblende brune, un peu de biotite et de magnétite, épigénisant des grains d'olivine. Les éléments blancs microgrenus sont constitués par un peu d'orthose et plagioclase, mais sans néphéline distincte, bien que le calcul en montre une quantité importante. Elle doit être considérée comme une *microberondrite* à feldspaths alcalins. Elle

---

([1]) Ces roches sont aussi à rapprocher des *tamaraïtes* de M. A. Lacroix; mais celles-ci contiennent plus de néphéline et sont microgrenues.

forme un petit affleurement dans la syénite. Sa formule magmatique est III.6(7).2(3.)'4. La roche 12 est une *basanitoide* compacte, constituée de grands phénocristaux et des microlites de hornblende qui lui donnent un caractère lamprophyrique. C'est une forme filonienne ou de bordure à rapprocher de la mafraïte. Ses paramètres sont IV.[6.3.'4].2.1'.2(3).2. Enfin la roche 13 dépourvue d'amphibole est caractérisée par d'abondants phénocristaux d'olivine et d'augite, atteignant près de $0^m,01$, disséminés dans une pâte formée par des microlites d'augite, de magnétite, avec un peu de néphéline et de plagioclase et quelques microlites de biotite. C'est une *ankaratrite* un peu feldspathique, constituant un filon dans le Moscovien; ses paramètres sont IV ['7.2.4.].2.'2.2'.2.

On voit que les mêmes types lithologiques ou des types analogues provenant tous de la différenciation d'un même magma se trouvent en filons, en petits massifs, ou en enclaves (facies de variation) dans la syénite; c'est la répétition de ce que M. A. Lacroix a rencontré dans la province pétrographique alcaline d'Ampasindava (Madagascar).

	Série II.				Série III.		
	7.	8.	9.	10.	11.	12.	13.
SiO^2	43,06	42,82	42,02	39,32	41,76	42,54	42,00
Al^2O^3	10,47	7,23	13,46	4,47	13,39	9,06	5,73
Fe^2O^3	8,43	8,38	4,25	7,43	5,70	7,21	5,86
FeO	6,04	5,69	8,48	9,00	6,82	7,03	7,15
MgO	7,99	8,63	5,36	22,57	5,92	11,08	14,67
CaO	12,72	16,22	13,74	9,62	13,56	14,72	14,48
Na^2O	3,12	2,99	3,71	1,30	3,61	2,01	2,19
K^2O	2,28	1,78	2,32	0,84	2,49	1,39	0,91
TiO^2	4,81	4,79	4,98	2,67	4,78	4,57	4,18
P^2O^5	0,66	0,81	0,87	0,49	0,91	0,38	0,47
$H^2O +$	0,25	0,47	0,81	1,88	0,66	0,14	1,85
$H^2O -$	0,29	0,12	0,09	0,09	0,28	0,14	0,23
CO^2	»	0,19	»	0,56	0,32	»	0,51
Cl	»	»	»	»	»	»	»
MnO	»	»	»	»	»	»	»
	100,12	100,12	100,09	100,24	100,20	100,27	100,23

GÉOLOGIE. — *Sur le mode de contact de la craie et du calcaire pisolithique à Meulan-Gaillon (Seine-et-Oise).* Note [1] de MM. **Paul Lemoine** et **A. Pinard.**

Un des lambeaux de calcaire pisolithique du Bassin de Paris s'observe à Meulan-Gaillon. Une carrière récente y a été ouverte. Une coupe en a été fournie par M. G.-F. Dollfus [2], qui a noté la concordance du calcaire pisolithique et de la craie. Cette concordance n'est qu'une apparence, mais elle s'observe effectivement dans la plus grande partie de la carrière, où l'on constate la succession suivante :

1° A la partie supérieure de la carrière, des lambeaux peu épais d'argile plastique ravinant le Montien sont certainement descendus de quelques mètres; on ne peut voir le contact normal du Montien et du Sparnacien.

Le calcaire pisolithique paraît comprendre plusieurs bancs; mais, en réalité, il s'agit d'un seul niveau, avec portions plus ou moins altérées, l'altération étant maximum au sommet. Ainsi au sommet existe un calcaire (P 6) crayeux, pulvérulent, endurci par place, qui a fourni quelques oursins, de nombreuses baguettes de Cidaris, des dents de Squales (épaisseur de 2^m à 4^m); il résulte de l'altération du calcaire sous-jacent (P 5), et la surface de contact est très irrégulière.

Au-dessous, une zone de calcaire assez compact (P 5) contient des silex branchus, gris et jaunâtres, qui se sont formés sur place, car ils empâtent les fossiles montiens; ils ne peuvent provenir du remaniement de la craie, comme l'a dit M. Ramond [3].

On observe également dans ce calcaire, surtout à la base, des zones endurcies et silicifiées, empâtant toujours des fossiles montiens. La plus importante forme en un point de la carrière le contact avec la craie et donne l'apparence d'un véritable banc réglé. La silicification est évidemment secondaire, car ce calcaire a conservé intactes les perforations de lithophages qui ont descendu jusque dans la craie.

Ce calcaire P 5 contient aussi des poches et filons pulvérulents, où la récolte des fossiles est plus facile : Mollusques à test de calcite, disparu par dissolution dans le calcaire P 6 : *Campaniles, etc.*, *Capulus* baguettes de *Cidaris*, *Terebratula*, Polypiers, *Lithothamnium.*

En général, ce banc P 5 repose directement sur la craie, mais sur une certaine longueur s'intercale, entre lui et la craie, un banc très dur, très siliceux, qui paraît former une grande lentille ($0^m,7$ d'épaisseur au maximum). La partie inférieure est perforée, tout comme la craie sous-jacente.

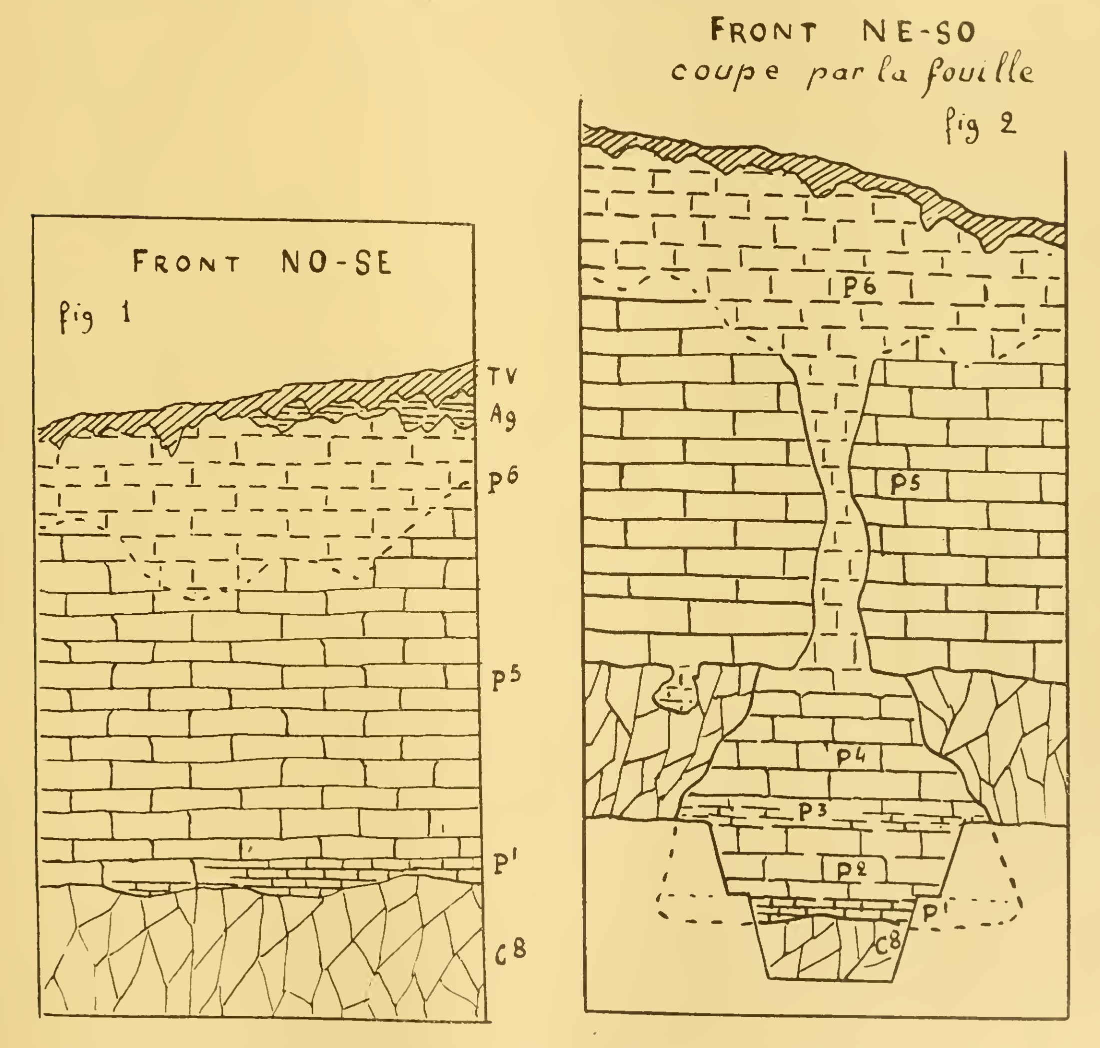
Or cette stratification d'apparence régulière n'est pas constante. Et en

(1) Séance du 16 octobre 1922.

(2) G.-F. Dollfus, *Le calcaire montien de Meulan* (Seine-et-Oise) (*C. R. somm. Soc. géol. de France*, 1920, p. 130-131).

(3) Analyse de la Note de M. G.-F. Dollfus (*Rev. de Géol.*, Liége 1921, p. 88).

un point de la carrière le calcaire pisolithique paraissait pénétrer *au-dessous de la craie*. Comme le contact de ces deux formations se fait toujours pour tous les gisements dans des conditions assez obscures, nous avons effectué, en ce point une fouille (¹) (3ᵐ,20 de profondeur et 3ᵐ de largeur environ), qui a montré très nettement que la partie inférieure du calcaire pisolithique occupe dans la craie une *véritable poche*, profonde de 3ᵐ,20 (*fig*. 2).



Les sédiments montiens s'y disposent de la façon suivante. On trouve d'abord les couches P 4, puis environ 2ᵐ de calcaire jaunâtre grossier à éléments confus, consti-

(¹) Travail effectué sur les fonds Loutreuil (1921).

tués en majeure partie par des débris de fossiles. Les fossiles entiers n'y sont pas rares : baguettes de Cidaris, gastéropodes de grande taille; moules empâtés dans un calcaire concrétionné. Au-dessous vient une couche de calcaire sableux ocreux, P 3 ($0^m,30$), concrétionné et très fossilifère.

Puis on observe 1^m de calcaire compact, blanc à gros gastéropodes (P 2). Il passe insensiblement à la craie par l'intermédiaire d'un calcaire crayeux (P 1) ($0^m,10$) devenant très siliceux à la base.

Le substratum est une craie normale, très fendillée en surface, souvent durcie, au contact du Montien, à ce point, que la distinction avec le banc P 1 est parfois difficile. Elle contient des silex, quelques nodules de pyrite; un *Ananchites* et des *Belemnitella*, ce qui ne laisse aucun doute sur son âge. M. G.-F. Dollfus y signale en outre *Terebratula*, *Ostrea*.

Au contact du calcaire pisolithique, la craie est durcie, perforée jusqu'à $0^m,90$, et même à $1^m,50$ de la surface. Ces perforations, qui dépassent souvent 1^{cm} de diamètre, ont toujours plusieurs centimètres de longueur, et sont souvent remplies par des sables calcaires concrétionnés qui contiennent parfois des mollusques lithophages.

En outre de la poche principale, la fouille a mis en évidence deux autres petites poches remplies d'un calcaire sableux, jaune, ou de sables argileux ocreux très fossilifères.

Ainsi le *calcaire pisolithique a rempli, dans la craie des poches irrégulières*, tout à fait analogues aux poches de décalcification que remplit à la surface des plateaux actuels, l'argile à silex.

On peut en déduire que, après une longue période d'érosion continentale de la craie, la région a été envahie par la mer du calcaire pisolithique, qui a nettoyé d'abord les poches de décalcification des produits qui s'y trouvaient et qui les a remplis ensuite. La mer montienne n'a rien érodé, elle a rempli, d'une façon très tranquille, les dépressions de la craie, aussi bien les poches comme celles de Meulan, que des vallées préexistantes, et ce régime permettra d'expliquer la particularité des autres gisements du calcaire pisolithique.

GÉOGRAPHIE PHYSIQUE. — *Sur le rôle des phénomènes de solifluction dans le modelé de la région de Saulieu* (Morvan). Note de Mlle **F. Brepson**, présentée par M. Émile Haug.

Saulieu est situé dans la partie NE du Morvan, non loin de la bordure secondaire qui l'entoure de toutes parts. La région appartient au réseau hydrographique du Serein, du Cousin et de la Cure, affluents de l'Yonne, et au réseau de l'Arroux et du Ternin, affluents de la Loire. Elle est, en

somme, à cheval sur la ligne de séparation des bassins hydrographiques de la Seine et de la Loire.

Le massif ancien, auquel appartient la région de Saulieu, est formé de granite, traversé par des filons de granulite et de porphyres quartzifères, ainsi que l'a signalé M. Albert Michel-Lévy ([1]), et contrairement à ce qui est figuré sur la Carte géologique au 1 : 80000e (feuille de Château-Chinon), qui indique une grande surface d'affleurement de gneiss. La bordure secondaire est essentiellement formée des marnes de l'Infra-Lias, des calcaires du Lias inférieur (calcaire à Gryphées arquées) et du Lias moyen : on sait qu'elle est limitée par de nombreuses fractures au contact du massif ancien. Des buttes-témoins d'Hettangien, parfois surmonté de Sinémurien, persistent çà et là, vestiges ménagés par l'érosion dans les dépôts transgressifs d'âge jurassique.

Le modelé granitique apparaît, dans la région de Saulieu, avec les caractères d'un relief usé. Le granite est, le plus souvent, recouvert par une arène dont l'épaisseur est parfois très importante au fond des vallons; elle est en ce cas imprégnée d'eau et forme les « ouches » recherchées pour la richesse de leurs herbages. Parfois les eaux s'accumulent dans ces dépressions, au point de former des étangs plus ou moins étendus, que l'érosion par les eaux courantes ne permet pas d'expliquer. Les étangs de Thoisy-la-Berchère, Château-Benoist, Chailloux, Saint-Brisson, etc. figurent parmi les plus importants.

On pouvait penser au rôle des phénomènes glaciaires dans la genèse de ces étangs. Mais on ne trouve nulle part de vestiges d'une glaciation, aucune trace de moraines n'existe dans la région.

Mais, lorsqu'on examine de près le modelé, on est frappé de voir le rôle important des phénomènes de glissement superficiel sur lesquels M. Louis Gentil a appelé l'attention dans diverses régions françaises. Les produits de la désagrégation granitique, fortement imbibés sous un climat assez humide, ont des tendances à descendre sur la pente des versants en formant des bourrelets qui rappellent les *rideaux*, bien connus dans les régions crayeuses de la Picardie; ou bien les produits de ces glissements encombrent le thalweg des vallées.

Je puis citer de nombreux exemples de ces phénomènes dans la région de Saulieu :

Sur la route de Saulieu à Arnay-le-Duc, à environ 3km de Saulieu, apparaît un bour-

([1]) Albert Michel-Lévy, *Les terrains primaires du Morvan et de la Loire* (*Bulletin des Services de la Carte géologique*..., t. 18, 1907-1908, p. 120).

relet de ce genre atteignant 2^m de haut, qu'il est impossible d'expliquer par le ruissellement.

A Alligny-en-Morvan se montre une série de ressauts superposés; de même dans la région de Montsauche. Il serait possible de multiplier les exemples.

Au sud de la région de Saulieu, des phénomènes analogues ont été récemment étudiés ([1]).

J'ai pensé que ces phénomènes de solifluction sont susceptibles d'expliquer le grand nombre des étangs auxquels j'ai fait allusion.

L'étude de l'étang de Thoisy-la-Berchère, du moins, m'a confirmé dans cette idée.

Il est installé dans le réseau hydrographique supérieur du Serein, dans un petit affluent qui va confluer près de La Motte-Ternant et descend du bois de Messire Jean. Le fond de la vallée est entièrement encombré par l'arène granitique, mais on ne voit pas comment cette arène serait descendue par le ruissellement. Du moins celui-ci n'a pu prendre qu'une part très minime à ce mouvement de descente. Par contre, on se rend bien compte du glissement des produits de désagrégation superficielle, qui sont venus, en certains points, barrer la vallée, phénomène que M. Boit a constaté en d'autres points du Morvan. Il en est résulté la formation d'un barrage naturel qui a été aménagé, en un point, en une digue pour augmenter la profondeur de l'étang.

Celui-ci est alimenté, à l'est et au sud, par des infiltrations sous-aréniques; le cours de la rivière est asséché sur la plus grande partie de son parcours, mais il doit exister à l'état de réseau souterrain.

La coulée boueuse est manifestée par le fait que nulle part n'affleure la roche-mère sous-jacente, tandis que les produits remaniés de l'arène granitique, fortement décomposée, se montrent sur des épaisseurs dépassant plusieurs mètres, au moins en certains points, comme j'ai pu le vérifier. Des fragments granitiques entraînés se retrouvent dans le sol de solifluction sous forme de cailloux à angles toujours émoussés par frottement et décomposition.

Le cas de l'étang de Thoisy-la-Berchère formé par *barrage de solifluction* constitue certainement la régle générale dans la région qui nous occupe. Si les glissements superficiels n'ont pas laissé ici des bourrelets aussi importants que les rideaux de certaines régions crayeuses, cela tient à ce que le modelé est arrivé à un degré de maturité assez avancé. Par contre, les petits cours d'eau qui ont atteint, ou presque atteint, leur profil d'équilibre dans la région que j'ai étudiée, ont respecté ces barrages pour accumuler leurs eaux vers l'amont, en donnant lieu à la formation d'étangs plus ou moins importants.

([1]) Ernest Chaput, *Observations géologiques sur la montagne de Bar* (*Académie des Sciences, Arts et Belles-Lettres de Dijon*, 1922).

MÉTÉOROLOGIE. — *Nouvelles observations radiogoniométriques des parasites atmosphériques.* Note de M. J. **Lacoste**, présentée par M. E. Bouty.

On sait que l'étude des parasites atmosphériques, par l'emploi du cadre radiogoniométrique, permet de prévoir d'importantes modifications isobariques (¹).

J'ai poursuivi au cours de cet été, en utilisant le nouveau radiogoniomètre de l'Institut de Physique du Globe de l'Université de Strasbourg, l'étude entreprise l'an dernier. Le cadre radiogoniométrique employé est formé de cinq sections utilisées pour des longueurs d'onde variant de 1000^m à $30\,000^m$:

1 section	$1\,000^m$ à	$4\,200^m$
2 sections	1 800	7 200
3 sections	2 800	9 400
4 et 5 sections	10 000	30 000

Ce cadre est beaucoup plus développé que l'appareil utilisé précédemment et permet l'étude des très grandes longueurs d'onde.

Les parasites étaient comptés par minute sur les azimuts divers de 20° en 20°, la recherche parfois délicate du maximum exigeant une attention particulière. Dans des cas peu nets, on est en effet obligé d'effectuer plusieurs tours par observations croisées ou de diminuer l'amplification pour se débarrasser de petits craquements accessoires. Toute opération faite à la hâte exposerait à des méprises.

Les observations de cette année, faites avec un matériel différent, confirment le fait que la direction dans laquelle on observe le maximum est le plus souvent celle des secteurs sud et sud-est des dépressions et qu'il est possible de prévoir de nouvelles dépressions.

Le mardi 25 juillet le maximum des parasites entendus était de direction WSW-ENE. A 21 heures ce maximum se trouve NW-SE et la carte du 26 juillet indiquera une profonde dépression NW Angleterre.

Le 10 août le maximum s'était tenu vers le NE, sur le secteur SE d'une dépression à centre mer Baltique. Or le 11 août à 8^h, je trouve un maximum NW-SE. La

(¹) E. Rothé, *Comptes rendus*, t. 173, 1921, p. 841-843. — J. Lacoste, *Comptes rendus*, t. 173, 1921, p. 843-845.

carte isobarique indiquera une nouvelle dépression au NW de l'Angleterre. A 17^h30^m le maximum est sur WNW, donc la dépression atteint le moyen Atlantique comme le montrera la carte du 12 août; mais il revient plus tard sur NNW, la dépression s'avance vers la Baltique comme on le verra avec la carte du 13 août.

Le samedi 19 août le maximum était sur ENE, mais à 11^h apparaît un renfoncement sur NW, celui-ci se maintient toute la journée; il correspond à une nouvelle dépression visible sur la carte du 20 août.

Au cours du 26 août le maximum passe de ENE sur dépression mer Baltique à WNW vers une nouvelle dépression qui le 27 aura son centre sur l'Irlande.

Le cadre radiogoniométrique permet surtout de prévoir les orages. *Dès qu'il n'est plus possible de trouver un maximum et que sur tous les azimuts on entend ou on enregistre de violentes décharges, l'orage atteint la région.*

Ces faits ont pu être observés cette année les 22, 23, 24, 31 juillet; les 3, 5, 7, 8, 14, 22, 29 août.

A titre d'exemples je résume mes observations des 14 et 22 août :

14 *août.* — 8^h : décharges nettes, régions W et W-NW; 11^h : décharges plus fortes; 14^h : le maximum descend sur SW; 18^h et 20^h30^m : violentes décharges sur *tous les azimuts.*

Premiers éclairs sur Strasbourg à 21^h. Violent orage à 23^h. 42 bulletins d'orages concernant l'Alsace et la Lorraine parviennent le lendemain à l'Institut de Physique du Globe.

22 *août.* — 8^h : décharges violentes sur tous les azimuts avec renforcement sur NW (un orage est signalé à cette heure au NW de Strasbourg); 11^h, 14^h et 16^h30^m : décharges violentes sur tous les azimuts.

L'orage atteint Strasbourg à 17^h45^m. 37 bulletins d'orages parviennent le lendemain à l'Institut de Strasbourg.

Cet orage a été enregistré à Strasbourg à l'aide de l'oscillographe à fer mobile d'Abraham pendant 7 minutes et demie; il a donné des décharges très violentes sur la totalité du cadre.

D'autres orages, au contraire, comme celui du 13 septembre, n'ont fourni de parasites nombreux que sur les sections à faible longueur d'onde. Il y a là un fait dont l'étude devra être poursuivie.

Toutefois la direction dans laquelle on trouve le maximum ne dépend pas des sections utilisées.

Ces nouvelles séries d'observations montrent encore que l'étude des parasites atmosphériques peut apporter une contribution à la prévision du temps.

EMBRYOGÉNIE VÉGÉTALE. — *Embryogénie des Caryophyllacées. Les premiers stades du développement de l'embryon chez le* Sagina procumbens *L.* Note de M. **René Souèges**, présentée par M. L. Guignard.

Il n'a pas encore été rencontré d'espèce où les différenciations des régions fondamentales du corps de l'embryon ou de la plante se fassent avec autant de régularité et à l'aide d'un aussi petit nombre de cellules que chez le *Sagina procumbens*.

Le premier cloisonnement de l'oospore est transversal et sépare une cellule apicale et une cellule basale (*fig.* 1). Celle-ci ne se divise plus dans la suite; elle se comporte comme la cellule basale du proembryon bicellulaire du *Sagittaria sagittæfolia* [1] et des hydrophytes monocotylédonés; elle représente l'élément le plus inférieur du suspenseur et se convertit bientôt en une vésicule micropylaire de forme irrégulière; il en sera fait, dès maintenant, abstraction dans l'histoire embryogénique de la plante.

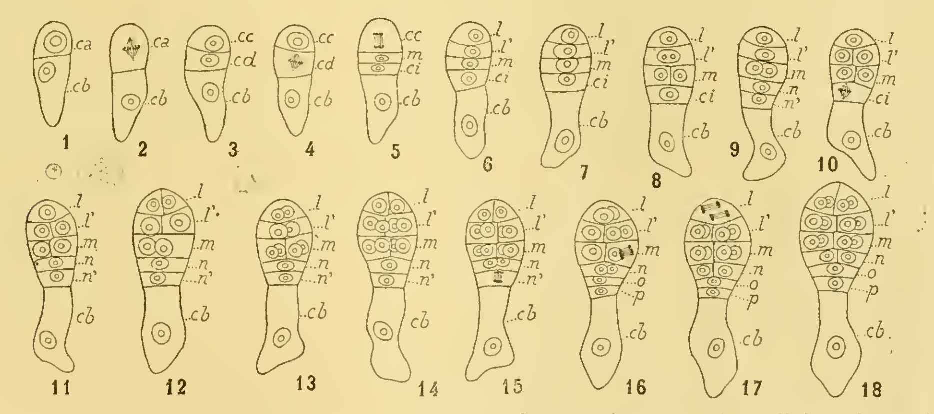


Fig. 1 à 18. — *Sagina procumbens* L. — Formation du proembryon à seize cellules, abstraction faite de la cellule basale. *ca*, cellule apicale; *cb*, cellule basale; *cc* et *cd*, cellules-filles de *ca*; *l* et *l'*, cellules-filles de *cc* ou les deux étages supérieurs du proembryon; *m*, cellule-fille supérieure de *cd* ou l'un des étages moyens du proembryon; *ci*, cellule-fille inférieure de *cd*; *n*, cellule-fille supérieure de *ci* ou l'autre étage moyen du proembryon; *n'*, cellule-fille inférieure de *ci*; *o* et *p*, cellules-filles de *n'* ou les deux étages inférieurs du proembryon. G. : 420.

La cellule apicale se substitue intégralement à la cellule-œuf primordiale; c'est à elle seule que s'appliquent les lois embryogénétiques qui permettent de bien définir ce nouveau type de développement et de mettre en relief les analogies et les différences le rapprochant ou le séparant des autres types déjà rencontrés. Cette cellule apicale (*ca*, *fig.* 1) se segmente transversalement (*fig.* 2 et 3) pour donner deux éléments

(1) R. Souèges, *Embryogénie des Alismacées. Développement du proembryon chez le* Sagittaria sagittæfolia *L.* (*Comptes rendus*, t. 165, 1917, p. 715).

superposés *cc* et *cd*. Peu après, l'élément *cd* se partage à son tour par une paroi horizontale (*fig.* 4 et 5) en deux nouvelles cellules *m* et *ci*; l'élément *cc* subit une semblable division et donne naissance aux deux cellules *l* et *l'* (*fig.* 5 et 6).

Il se constitue ainsi une tétrade qui, par son mode de construction, est tout à fait comparable à celle du *Chenopodium Bonus-Henricus* (¹). Elle en diffère cependant : 1° par son origine, puisque elle est engendrée par la cellule apicale seulement; 2° par les destinées des quatre éléments qui la composent. En effet, l'élément *l* donne uniquement naissance au cône végétatif de la tige, il représente l'*épiphyse*, cellule proembryonnaire semblable à celle qui a été découverte chez le *Myosotis hispida* (²) et chez le *Geum urbanum* (³), mais se trouvant ici individualisée dès le stade de la tétrade; l'élément *l'* engendre la partie cotylée, c'est-à-dire les tissus cotylédonaires avec les initiales du cylindre central du côté de la tige; aux dépens de l'élément *m* se différencient l'hypocotyle avec les initiales du cylindre central et de l'écorce au sommet radiculaire; enfin, aux dépens de l'élément *ci* se développent le primordium de la coiffe et un très court suspenseur.

Chacun de ces quatre éléments se divise pour engendrer un proembryon octocellulaire. Les trois cellules *m*, *l'* et *l* se segmentent par une paroi méridienne; l'élément *ci* se partage peu après par une cloison horizontale en deux cellules superposées *n* et *n'* (*fig.* 8 à 12). Un proembryon à seize cellules s'édifie ensuite par bipartition de ces huit nouveaux éléments. Les deux cellules des trois étages supérieurs *l*, *l'* et *m* se segmentent encore verticalement pour donner quatre cellules circumaxiales; l'élément *n* se divise par une paroi également verticale en deux cellules juxtaposées, tandis que son frère *n'* se sépare par une paroi horizontale en deux cellules superposées *o* et *p* (*fig.* 13 à 18). Le proembryon à six étages, *l*, *l'*, *m*, *n*, *o* et *p*, ainsi constitué est comparable à celui que l'on rencontre chez la Sagittaire et chez la Persicaire (⁴), mais il s'en distingue par le mode de formation et les destinées de ses éléments constitutifs comme il est aisé de s'en rendre compte par l'examen des formules suivantes du développement :

I. — *Première génération*
(*de la cellule apicale, étant fait abstraction de la cellule basale*).

Proembryon à deux cellules	*cc*	qui engendre	*pco* + *pvt*
disposées en deux étages...	*cd*	»	*phy* + *icc* + *iec* + *co* + *s*

(¹) R. Souèges, *Développement de l'embryon chez le* Chenopodium Bonus-Henricus *L.* (*Bull. Soc. bot. Fr.*, t. 67, 1920, p. 233).

(²) R. Souèges, *Embryogénie des Boragacées. Les premiers termes du développement de l'embryon chez le* Myosotis hispida *Schlecht.* (*Comptes rendus*, t. 173, 1921, p. 726). *Les derniers stades du développement* (*Ibid.*, p. 848).

(³) R. Souèges, *Embryogénie des Rosacées. Les premiers stades du développement chez le* Geum urbanum *L.* (*Comptes rendus*, t. 174, 1922, p. 1070). *Les derniers stades du développement* (*Ibid.*, p. 1197).

(⁴) R. Souèges, *Recherches sur l'embryogénie des Polygonacées* (*Bull. Soc. bot. Fr.*, t. 66, 1919, p. 181).

II. — *Deuxième génération.*

Proembryon à quatre cellules disposées en quatre étages.	*l* qui engendre *pvt* *l'* » *pco* *m* » *phy* + *icc* + *iec* *ci* » *co* + *s*

III. — *Troisième génération.*

Proembryon à huit cellules disposées en cinq étages...	*l* qui engendre *pvt* *l'* » *pco* *m* » *phy* + *icc* + *iec* *n* » *co* *n'* » *s*

IV. — *Quatrième génération.*

Proembryon à seize cellules disposées en six étages....	*l* qui engendre *pvt* *l'* » *pco* *m* » *phy* + *icc* + *iec* *n* » *co* *o* + *p* qui engendrent *s*

BIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Sur la relation existant entre l'acidité relative des tissus et la présence de l'anthocyanine dans les écailles de bulbes de Lis exposées à la lumière.* Note de M. **Marcel Mirande**, présentée par M. Guignard.

J'expose dans cette Note les principaux résultats de mes recherches sur l'*acidité relative* des écailles de bulbes de Lis avant et après leur pigmentation anthocyanique. Ces recherches étaient déjà commencées quand parurent celles de Nicolas [1] qui amenèrent cet auteur à constater une relation entre la formation de l'anthocyanine dans les feuilles et leur acidification; elles sont donc antérieures à un travail plus récent de M[lle] Kohler [2], insistant sur le fait que la simple acidité d'un tissu végétal

[1] Nicolas, *Contribution à l'étude des relations qui existent dans les feuilles entre la respiration et la présence de l'anthocyane* (*Rev. gén. de Bot.*, t. 31, 1919).

[2] Kohler, *Étude de la variation des acides organiques au cours de la pigmentation anthocyanique* (Nemours, Imprimerie Henry Bouloy, 1921).

ne rend pas compte de sa teneur réelle en acides organiques, teneur qui ne peut être évaluée que par la détermination des acides à l'état libre jointe à celle des acides à l'état combiné. Il me semble cependant que, dans le cas particulier des écailles de Lis, la simple considération de l'acidité relative n'est pas dénuée d'intérêt.

Le dosage de l'acidité est effectué avec une liqueur titrée de KOH au $\frac{N}{50}$, et à la phénolphtaléine; les résultats sont exprimés par le nombre de centimètres cubes de liqueur titrée correspondant à 1g de *poids frais initial*.

On constate d'abord que, dans les écailles d'un bulbe au moment de son extraction du sol, le degré acidimétrique augmente de la périphérie au centre. Si, détachant les écailles d'un tel bulbe, on les abandonne au rougissement à la lumière, on constate que la vitesse de la pigmentation et son intensité marchent dans le même sens que l'acidité préalable des écailles; les écailles qui sont déjà les plus acides (au centre) rougissent les premières et avec le plus d'intensité.

Comparons maintenant, au point de vue acidimétrique, des écailles *identiques*, avant et après le rougissement.

Quatre groupes d'écailles de Lis blanc comprenant, chacun, deux lots identiques A et B ont donné :

A. Avant le rougissement	1169	1266	0935	1842
B. Après le rougissement..........	2498	3459	2224	2156

Trois observations analogues sur Lis Martagon ont donné :

A. Avant le rougissement.................	1246	0873	0977
B. Après le rougissement	1427	1425	1307

Ces nombres montrent que dans des tissus primitivement incolores et au même état chimique initial, l'acidité augmente en même temps que la pigmentation.

Remarquons que le détachement des écailles constitue une blessure qui doit exercer aussi de son côté une influence sur l'acidification. C'est ce que l'expérience confirme.

Voici les résultats de cinq expériences sur Lis Martagon :

	Lots identiques.			Acidité due à la	
Numéros.	A analysé tout de suite.	B mis à rougir.	C placé à l'obscurité.	blessure C — A.	pigmentation B — C.
1........	1,134	1,876	1,622	0,488	0,254
2........	1,259	2,230	2,214	0,955	0,016
3........	1,154	2,608	2,451	1,227	0,157
4........	0,884	1,164	1,077	0,193	0,087
5........	1,281	2.426	1,797	0,516	0.629

Les nombres ci-dessus indiquent que la blessure provoque une acidification des

tissus et permettent de voir, dans l'acidification totale, la part qui revient soit à la blessure, soit à la pigmentation. Suivant l'intensité de la pigmentation l'acidité due à cette dernière est plus grande ou plus petite que celle due à la blessure.

Le titre acidimétrique des écailles ayant rougi à la lumière est plus fort que celui des écailles abandonnées à l'obscurité et restées incolores, mais la différence est petite; on ne s'en étonnera pas si l'on songe que, dans ces écailles charnues, la pigmentation ne se produit que dans les assises sous-épidermiques.

D'autre part, et sans entrer dans les détails opératoires, je dirai simplement que j'ai constaté que, par le fait de la blessure, l'acidification intéresse toute la masse des écailles et que, dans des écailles très rouges, les assises pigmentées (faciles à isoler dans le Lis Martagon) sont beaucoup plus acides que le reste de l'écaille. Ainsi, pour ne citer qu'un seul exemple, des écailles rouges de Martagnon ont donné, comme titre acidimétrique en *poids frais actuel*, pour les pellicules pigmentées et pour la partie centrale blanche, respectivement, les nombres 5,535 et 3,183.

Il se produit donc, dans les écailles de bulbes de Lis, détachées et exposées à la lumière, une acidification générale due à la blessure et une acidification particulière corrélative de la pigmentation. Ces acidifications dépendent, comme on le sait, de phénomènes d'oxydation. Or, dans une précédente Note, j'ai montré la stricte localisation d'une oxydase dans les cellules susceptibles de produire de l'anthocyanine. Donc aucune oxydase n'intervient dans l'acidification de la masse générale des écailles; si l'oxydase, présente uniquement dans les cellules à anthocyanine, intervient dans l'acidification de ces cellules, on voit que l'acidification anthocyanique a, de ce fait, un caractère très spécial. Si l'oxydase n'intervient pas dans cette acidification (et l'on sait combien est limité le rôle oxydant des oxydases), quel est son rôle dans sa localisation si étroitement commune avec l'anthocyanine?

De toute façon on voit que, au cours de la synthèse de l'anthocyanine, intervient un phénomène d'oxydation.

BOTANIQUE. — *Étude sur les limites de végétation dans le Nord et l'Est de la France.* Note de M. **André Guillaume**, présentée par M. Gaston Bonnier.

Les auteurs qui ont étudié les limites de végétation ont choisi arbitrairement quelques espèces dont ils ont délimité l'aire dans toute ou presque toute son étendue. Il est préférable de procéder d'une façon diamétralement opposée, c'est-à-dire de choisir une région restreinte dans laquelle on étudie les limites de toutes les plantes : c'est le seul moyen de déceler les influences qui leur sont communes.

En choisissant un quadrilatère dont les angles seraient formés par le

sud-ouest du Loiret, le nord-ouest de la Somme (en excluant le littoral), le nord-est de la Lorraine, le sud-est de la Haute-Saône, on constate que, sur 1332 espèces qui y croissent spontanément (les sous-espèces étant négligées), 340, c'est-à-dire un quart, y sont limitées au moins dans un sens.

On doit tout d'abord constater qu'assez souvent une plante est fréquente jusque sur sa limite (tout au moins sur une partie de celle-ci), contrairement à l'opinion trop absolue d'Alphonse de Candolle, qui soutenait qu'une plante devient de plus en plus rare à mesure qu'elle approche de sa limite. Quand, au contraire, l'espèce est rare jusqu'aux confins de son aire, il arrive parfois qu'on peut déterminer, en arrière de la limite absolue, une limite de fréquence où la plante devient subitement abondante, le plus souvent sous l'influence d'un sol favorable.

En recherchant maintenant quelles peuvent être les influences qui agissent sur les limites de végétation, on constate que, si un certain nombre de celles-ci ne paraissent, dans l'état actuel de la Science, soumises à aucune loi, les autres sont sous la dépendance de certaines influences qui sont les suivantes, d'après un ordre d'importance décroissant.

A. *Influences climatériques.* — Bien qu'à l'heure actuelle les botanistes admettent couramment que l'on ne peut trouver un lien entre les limites de végétation et les phénomènes météorologiques, on peut affirmer que ce sont ceux-ci qui, au contraire, ont la plus grande importance au point de vue de ces limites.

1° On constate que de nombreuses plantes sont arrêtées dans leur extension vers le Nord-Ouest, par une ligne dirigée du Centre-Ouest au nord de la France. Cette direction avait d'ailleurs été constatée déjà pour la Vigne et le Maïs.

Parmi les botanistes qui avaient étudié ces deux dernières, certains avaient soupçonné que, si ces plantes étaient ainsi limitées, c'est que, dans le Nord-Ouest, elles n'auraient pu trouver une chaleur suffisante pour mûrir leurs graines. En approfondissant la question, on constate que ces limites de végétation sont situées entre deux lignes isothermiques, la ligne des maxima moyens et la ligne des moyennes mensuelles, pendant les mois d'été précédant la maturation. Cela est parfaitement logique. La moyenne mensuelle ne fournit qu'une explication insuffisante, puisque ce sont plutôt les températures extrêmes qui favorisent la maturation. Mais les maxima moyens de température, à eux seuls, ne suffiraient pas davantage, car ce qui importe ce n'est pas un maximum de courte durée, mais la persistance d'une chaleur élevée.

Les limites de végétation paraîtraient d'ailleurs se rapprocher plutôt de

la ligne des maxima moyens, étant donné, notamment, que l'influence de la chaleur solaire agit dans le même sens.

2° Un assez grand nombre d'espèces sont arrêtées dans leur extension vers le Nord-Est, par une ligne presque perpendiculaire à la précédente. Elle traverse le bassin de Paris, du Nord-Ouest au Sud-Est. Si cette direction, NO-SE, avait bien été constatée, hors de France, par Grisebach, pour le hêtre et le châtaignier, elle n'avait jamais été indiquée en France.

Pour expliquer ces faits, Grisebach avait hésité entre deux raisons : le raccourcissement de la période de végétation ou les froids d'hiver. La véritable cause consiste dans les gelées tardives de printemps. En effet, ces limites coïncident sensiblement avec la direction de la ligne des maxima moyens, pendant la fin d'avril ou le commencement de mai.

3° Quelques plantes occidentales sont limitées, vers l'Est, par une ligne qui est à peu près parallèle au littoral de la Mer du Nord, puis de la Manche et enfin de l'Océan.

L'influence est pourtant toute différente : elle procède de l'amplitude de la variation thermique, jointe au nombre des jours de pluie. L'amplitude de la variation thermique doit être considérée, non par différence entre les moyennes, mais par différence entre les extrêmes ; non par rapport à l'année entière, ni même à la période de végétation, mais pendant un temps beaucoup plus court.

La ligne de 26° d'amplitude entre les extrêmes de mai paraît être déterminante.

On doit ajouter l'influence des jours de pluie. Il faudrait que, pendant la période de végétation, la probabilité d'une pluie en un jour ne fût pas inférieure à 0,300. Ceci expliquerait que ces plantes ne se trouvent pas sur le littoral méditerranéen où l'amplitude de la variation thermique est faible.

4° Quelques plantes sont arrêtées dans leur extension vers le Sud, par une courbe qui, venant du littoral de la Manche, contourne Paris et revient sur les montagnes du Centre. De Candolle qui avait aperçu cette limite pour une plante l'expliquait par la sécheresse. Il vaut mieux dire « la chaleur sèche ».

B. *Influences géologiques.* — L'influence du sol se traduit de deux façons :

a. Une limite d'ordre météorologique, traversant un certain sol, peut être déviée, soit dans un sens, soit dans l'autre, suivant qu'elle rencontre un terrain favorable ou défavorable.

b. Une limite peut suivre l'affleurement d'un étage déterminé. Les cas les plus nets sont ceux où la limite suit un des affleurements concentriques du bassin de Paris.

C. *Influences physiques.* — Une barrière de collines, même peu élevées au-dessus d'une plaine, peut constituer un obstacle suffisant pour arrêter certaines plantes dans leur extension. Le cas le plus net consiste dans la falaise bathonienne de la Côte-d'Or.

La bordure de cette falaise donne en effet asile à un certain nombre d'espèces subalpines. Leur présence semble s'expliquer par un transport de graines amenées du Sud-Est par les vents et arrêtées par la falaise.

D. *Influences paléontologiques.* — On cherche souvent à se rendre compte de la présence de certaines plantes en supposant qu'il s'est produit en partie une survivance d'une flore ancienne. C'est là plutôt une absence d'explication, car il faudrait alors rechercher pourquoi ces plantes auraient subsisté dans certaines localités et non dans des localités voisines. Néanmoins, il semble que certaines limites, notamment en Côte-d'Or et en Normandie, ne puissent s'expliquer que de cette façon.

PATHOLOGIE VÉGÉTALE. — *Sur le dépérissement des jeunes noyers en* 1922.
Note de M. **Med. Gard**, présentée par M. Lecomte.

Au printemps et dans le courant de l'été de cette année, un grand nombre de jeunes noyers ont été atteints d'un mal étrange, qui a provoqué la mort totale ou partielle des parties aériennes et parfois de l'arbuste tout entier. C'est un véritable désastre pour certaines régions. Il en est résulté une certaine émotion, à tel point que les agriculteurs ont pu se demander s'ils ne se trouvaient pas en présence d'une véritable épidémie ou mieux épiphytie, puisque le terme a acquis maintenant droit de cité, et s'ils devaient continuer à planter un arbre cependant devenu si précieux.

Depuis plus de deux ans que j'étudie les causes du dépérissement des noyers et que j'expérimente divers modes de traitement, rien de semblable ne s'était offert à mes investigations.

Ces noyers, greffés ou non, ont fait, pour la plupart, de belles pousses au printemps, puis les branches ont, en totalité ou en partie, séché par la suite, les uns de bonne heure, d'autres un peu plus tard, si bien que certains d'entre eux, florissants encore en juillet-août, ont dépéri à partir de ce moment-là.

J'ai pu étudier ces faits en divers points de la Dordogne, puis dans la Drôme et le Cantal, où ils m'ont été signalés par M. Foëx, directeur de la Station de Pathologie végétale de Paris, et je les ai retrouvés çà et là dans divers départements.

Ce sont les noyers jeunes de 10 à 20 ans qui ont subi ce mal. Toutefois, dans le Cantal, il s'est fait sentir aussi sur des noyers plus âgés, jusqu'à 50-60 ans.

Je résumerai les faits principaux qui se sont offerts à l'observation :

Tous les noyers jeunes n'ont pas été frappés. Il en est qui sont restés indemnes bien que se trouvant à côté des plus atteints. Les plus vigoureux, semble-t-il, sont parmi ces derniers.

La mortification suit nettement un développement basipète; elle commence par l'extrémité des branches et gagne progressivement la région moyenne, puis la base et le tronc.

Ce dernier n'est pas toujours entièrement mort. Il offre le plus souvent quelques repousses, au moins à la base.

Parfois la moitié de l'arbuste est restée saine tandis que l'autre est morte. Si l'on trouve des noyers entièrement morts, se sont les plus jeunes, récemment plantés. Mais, dans tous les cas, là où l'arbre offre encore des repousses vigoureuses sur le tronc ou à la base, la racine paraît entièrement saine.

Pour les noyers de plus de 30 ou 40 ans, les branches étant sèches, il s'est produit de belles repousses près du tronc; tel est l'aspect des arbres de cet âge à Pleaux et à Loupiac dans le Cantal.

Lésions externes. — Elles ne sont pas constantes. Elles consistent dans quelques rares gélivures. D'autres fois l'écorce s'enlève, se recroqueville sur une longueur variable. Chez certains individus, une lésion s'est produite au point de jonction de deux grosses branches et un liquide noirâtre s'en écoulait, à odeur forte et désagréable. Enfin j'ai vu, en août, de jeunes arbres perdre leurs feuilles offrant des régions mortifiées plus ou moins étendues.

Lésions internes. — L'écorce noircit soit totalement, soit partiellement sur les grosses branches et le tronc. Ce noircissement se produit dans un grand nombre de cellules de l'écorce, du liber et du cambium. Dans le bois, il a lieu dans les rayons médullaires à partir de l'assise génératrice, mais dans les fortes branches, il reste limité au bois récent. De la gomme apparaît dans les vaisseaux.

Un parasite constant et généralisé a été vainement cherché dans ces lésions. Celles-ci n'intéressent, en général, qu'une partie du tronc, un côté par exemple, l'autre restant sain ou n'offrant que des plages noircies d'étendue variable (1).

---

(1) Le bois mort a montré aussi parfois de nombreuses perforations dues à des Scolytes. Il n'est pas douteux que ces derniers soient venus après coup.

Il a donc fallu chercher ailleurs et j'attribue ces faits à l'action d'une température basse, d'un gel, survenu en pleine végétation. En effet, la première partie d'octobre 1921 a été très chaude, anormale même, puis il y a eu diverses oscillations et le 12 novembre, alors qu'il n'y avait pas eu de chutes de feuilles, le thermomètre est descendu à $-6^{\circ},9$ à Floirac (Gironde), très probablement plus bas dans le Cantal, alors que le 7, les températures maxima et minima étaient de $13^{\circ},6$ et de 6°, et que le 15 du même mois elles étaient de 16° et de $6^{\circ},2$.

Les faits observés sont la conséquence de quelques gels complets, mais surtout de gels partiels à cette date du 12 novembre. Heureusement les circonstances qui ont provoqué cet état de choses ne se produisent que rarement. En effet, de semblables faits ont été signalés dans des cas fort peu nombreux. J'y reviendrai plus amplement ailleurs.

Quoi qu'il en soit, l'objection la plus grave que l'on puisse faire à cette opinion c'est que certains jeunes noyers n'ont subi qu'en partie ces altérations, tandis que d'autres sont restés sains à côté des plus malades. A l'examen serré des faits, cette objection ne peut se soutenir. En effet ces derniers sont toujours des sujets moins robustes, moins vigoureux, avec des pousses plus petites que celle des premiers. Donc ils étaient moins riches en sève, par suite en eau, et leur végétation devait, au 12 novembre 1921, être plus ralentie.

D'ailleurs les réactions différentes des diverses parties d'une plante vis-à-vis du froid sont bien connues.

Quant au fait paradoxal, de voir une plante partiellement gelée, pousser normalement au printemps, puis dépérir pendant l'été, il s'explique par cela qu'un très grand nombre de cellules ne fonctionnent plus normalement; leur chimisme modifié a engendré des substances nocives pour les parties saines, substances qui sont entraînées peu à peu par l'apport puissant d'un système radiculaire resté en plein fonctionnement.

Enfin ces faits ne s'appliquent pas seulement aux noyers, mais ont été observés cette année même sur diverses autres plantes, avec des effets plus ou moins comparables : Figuier, Laurier noble, Vigne.

CHIMIE VÉGÉTALE. — *Rôle du chlorure de calcium dans la coagulation du latex d'*Hevea Brasiliensis. Note [1] de M. G. Vernet, présentée par M. Béhal.

Lorsque l'on ajoute en vase ouvert aux mêmes poids d'un même latex d'*Hevea* des quantités faibles mais *croissantes* de solution de chlorure de calcium à 10 pour 100, on obtient (après 24 heures) des rendements *croissants* en caoutchouc crêpé, lavé sous un courant d'eau distillé [2], puis desséché à l'air libre. *Exemple :*

Plantation de Tan-Dong (Cochinchine). Récolte du 18 *octobre* 1921.
Poids des divers échantillons de latex : 10g.

Nos	Eau.	Caoutchouc sec pour 100.
	cm³	
1. Témoin coagulation naturelle..........	10	27,85
2. Solution $CaCl^2$ à 10 pour 100 1cm³......	9	28,37
3. Solution $CaCl^2$ à 10 pour 100 5cm³......	5	28,39
4. Solution $CaCl^2$ à 10 pour 100 10cm³.....	0	29,03

Il est à noter que la coagulation du témoin n'était pas complète au bout de 24 heures, tandis que le sérum des autres échantillons était parfaitement limpide.

Le chlorure de calcium a donc bien une action accélératrice sur la coagulation du latex d'*Hevea*, en même temps qu'il détermine, à doses croissantes, des augmentations de poids de la gomme industrielle obtenue d'un même latex.

Voilà le fait connu et de nouveau confirmé par cette expérience; mais, pour l'expliquer, les différentes hypothèses suivantes ont été proposées :

1° Accélération du sel de chaux sur l'action des enzymes coagulants (Campbell-Barrowcliff-Whitby);

---

(1) Séance du 24 juillet 1922.

(2) Des essais préliminaires ont montré que le coagulum des différents échantillons n'a ni la même plasticité, ni la même résistance à l'écrasement et à l'arrachement; il s'ensuit qu'en faisant passer un nombre égal de fois le coagulum des différents échantillons entre les cylindres à espacement invariable d'une machine à crêper, on n'obtient pas un produit d'égale épaisseur, cette dernière pouvant varier du simple au triple. L'opération du lavage, conduite dans ces conditions, n'est donc pas homogène dans tous les cas. Il était préférable, comme cela a été fait pour les expériences définitives, de passer la gomme entre les cylindres d'une machine à laver et à crêper jusqu'à ce que les différents échantillons obtenus aient acquis la même épaisseur. Le lavage a été ensuite complété en laissant séjourner une heure la gomme dans des quantités égales d'eau distillée, l'opération étant recommencée 6 fois.

2° Accélération, par le sel de chaux, du travail et de la multiplication des ferments figurés acidifiants (Eaton);

3° Action chimique (Vernet).

La présente Note a pour objet d'apporter des preuves nouvelles à l'appui de cette dernière hypothèse.

Expériences. — Pour élucider ce problème, il aurait été insuffisant de se borner à la détermination du poids des cendres, car les agents chimiques (surtout les chlorures) forment des composés minéraux volatils à haute température. Il était par contre préférable d'étudier la composition chimique minérale des différents échantillons, et, en particulier, de déterminer leur teneur en calcium et en chlore, non pas par rapport au poids des cendres, mais par rapport au poids de la gomme en expérience.

L'analyse minérale des échantillons précédents a donc porté à la fois sur les éléments calcium (évalué en CaO), acide phosphorique (évalué en P^2O^5) et chlore (évalué en Cl).

Nous avons alors obtenu les chiffres suivants qui doivent être mis en regard des résultats du premier tableau :

	Pour 100.		
N°.	Ca O.	P^2O^5.	Cl.
1	0,002	0,030	traces
2	0,021	0,057	0,006
3	0,080	0,086	0,013
4	0,098	0,104	0,021

Cette expérience montre que la teneur des gommes en chaux, acide phosphorique et chlore, a augmenté avec la quantité de chlorure de calcium primitivement ajoutée au latex frais.

D'un autre côté, en faisant agir le chlorure de calcium sur les albuminoïdes redissous (obtenus en lavant à l'eau distillée une pellicule de caoutchouc préparée par évaporation rapide d'une faible couche de latex dans un courant d'air), nous avons obtenu un précipité contenant 1,63 pour 100 de chlore. Il est à noter qu'en lavant ce coagulum avec une grande quantité d'eau distillée, on arrive à le redissoudre lentement; le filtratum prend alors l'aspect de l'eau faiblement albumineuse.

L'expérience a également montré que le chlore (employé au moment même de sa préparation et débarrassé de toute vapeur d'acide chlorhydrique par passage dans deux flacons laveurs) est un agent direct et immédiat de la coagulation du latex d'*Hevea* et de ses albuminoïdes redissous.

La présence de l'acide phosphorique dans le latex d'*Hevea* nous a conduit à un certain nombre de dosages, nous avons noté jusqu'ici : P^2O^5 de 0,071 à 0,29 pour 100 de latex pur [1].

---

[1] Ces chiffres montrent que la saignée enlève aux arbres une quantité importante d'acide phosphorique et expliquent que ce soient les phosphates qui aient donné les meilleurs résultats dans nos essais sur les engrais chimiques répandus dans une plantation en rapport (*Bulletin agricole de l'Institut scientifique de Saïgon*, décembre 1920).

Interprétation des résultats. — La formation du phosphate de chaux après addition de chlorure de calcium, de même que l'augmentation de la teneur en chaux, acide phosphorique et chlore des échantillons soumis à l'expérience, permettent d'expliquer la réaction de la façon suivante : *en présence des phosphates solubles du latex, le chlorure de calcium se dédouble pour former d'un côté des phosphates de chaux moins solubles qui restent incorporés dans la gomme, tandis que le chlore se porte sur les matières albuminoïdes qui coagulent.*

L'augmentation du poids de gomme obtenue d'un même latex a donc une double origine :

1° Coagulation plus rapide et plus complète due au chlore mis en liberté (surtout pour le n° 2);

2° Incorporation dans le caoutchouc de matières minérales peu solubles (phosphates de chaux) et combinaison du chlore aux albuminoïdes insolubilisés.

En comparant les augmentations progressives des teneurs réciproques de la gomme en CaO et P^2O^5, nous pouvons constater que la valeur des chiffres obtenus ne se traduit pas dans tous les cas par un rapport défini fixe. Il n'y a donc pas formation d'un sel unique, mais présence d'un mélange de différents phosphates de chaux.

De même, la solubilité variable des phosphates de chaux et des albuminoïdes coagulés par le chlore ne permet pas d'établir un rapport fixe entre le poids des éléments Ca et Cl du chlorure de calcium employé et le poids de ces mêmes éléments restant incorporés dans la gomme lavée.

PHYSIOLOGIE. — *Avitaminose et inanition.* Note de MM. **Émile-F. Terroine** et **H. Barthélemy**, présentée par M. Henneguy.

Les physiologistes admettent à peu près unanimement qu'une nourriture constituée soit par du riz poli (Eykmann, Funk), soit par un mélange de corps purs (Osborne et Mendel, Mac Callum et Davis, etc.), soit par des aliments quelconques longuement chauffés à 125° (Weill et Mouriquaud), ne peut assurer la survie prolongée d'un animal, et que, dans la plupart des cas, la mort est précédée par des accidents nerveux caractéristiques. Accidents nerveux et mort auraient pour cause l'absence dans l'alimentation de substances diverses groupées sous le terme général de *vitamines*.

L'accord cesse quant aux causes des accidents et de la mort. Pour certains, les vitamines seraient indispensables pour le métabolisme intime des cellules, au même titre que les acides aminés (Commission d'alimentation de la Société de Biologie). Pour d'autres, elles interviendraient par un trouble des fonctions digestives : diminution de la motricité du tube digestif, du pouvoir sécréteur des glandes et des propriétés diastasiques des sucs (Bréaudat et Lalung-Bonnaire, Uhlmann, Aug. Lumière, Danysz-Michel et Koskowski). Dans ce cas, accidents et mort seraient de simples phénomènes d'inanition résultant de l'impossibilité pour l'intestin d'utiliser les aliments.

Il nous a paru que pour la discussion de ces deux doctrines il y aurait avant tout intérêt à préciser si réellement les accidents et la mort sont la conséquence d'une inanition profonde.

Pour entreprendre une telle recherche il fallait avoir en mains une sorte de mesure de l'inanition.

Or nos recherches antérieures [Terroine ([1]), Terroine et Barthélemy ([2])] nous ont précisément permis d'établir qu'il existe un *test* rigoureux de la mort par inanition et qu'on peut l'exprimer ainsi : *Tous les sujets d'une espèce donnée, quelles que soient la chute de poids, la durée de survie, la température subie au cours de l'inanition, présentent toujours une même teneur en substances grasses et lipoïdiques soit de l'organisme total, soit du muscle. Ces deux valeurs constituent des éléments constants, caractéristiques, irréductibles.*

Il suffisait donc de déterminer comparativement chez des animaux morts d'inanition et chez d'autres de même espèce morts d'avitaminose la teneur en corps gras de l'organisme total. C'est ce que nous avons fait en poursuivant les essais sur des souris et des oiseaux (*Vidua principalis*).

Tous ces animaux sont conservés à une température voisine de 20°; les uns ne reçoivent que de l'eau; les autres une alimentation (pain pour les souris, graines de millet pour les oiseaux) ayant subi un chauffage à 125° pendant 30 minutes. Sur tous on dose à l'aide de la méthode de Kumagawa la totalité des substances grasses et lipoïdiques.

([1]) *Ann. Sc. Nat. Zool.* 10e série, t. 4, 1919, p. 1-397.

([2]) *Arch. Int. Physiol.*, t. 19, 1922, p. 88-102.

Teneur en substances grasses et lipoïdiques exprimée en grammes par kilogramme d'animal.

	Nombre de déterminations.	Valeurs moyennes.	Valeurs extrêmes.
Sujets morts d'inanition :			
Souris	7	23,6	22,3 à 26,2
Oiseaux (*Vidua principalis*)	8	24,35	22,2 à 26,0
Sujets morts d'avitaminose :			
Souris	15	29,0	23,9 à 35,7
Oiseaux (*Vidua principalis*)	9	24,7	18,8 à 31,2

Il ressort de ces chiffres que l'inanition est évidemment poussée très loin lors de la mort par avitaminose; elle ne peut, cependant, être considérée comme la cause unique de la mort, puisque celle-ci peut survenir pour des teneurs en corps gras de beaucoup supérieures (35,7 au lieu de 23,6 dans le cas de la souris; 31,2 au lieu de 24,35 dans le cas de la veuve) à celles qui caractérisent la mort par inanition.

Mais il y a plus. Dans les derniers jours, souffrant d'accidents nerveux, l'animal avitaminosé n'ingère presque plus de nourriture; il surajoute l'inanition à l'avitaminose.

La comparaison entre inanition et avitaminose doit donc se faire en prenant des sujets avitaminosés lors de l'apparition des accidents. C'est ce que nous avons fait en déterminant comparativement le taux des corps gras du muscle pectoral chez des pigeons normaux, morts d'inanition ou sacrifiés au début des accidents d'avitaminose résultant d'une alimentation unique au riz poli.

Teneur en substances grasses et lipoïdiques exprimée en grammes par 100g *de tissu sec du muscle pectoral de pigeon.*

Normaux.	Morts d'inanition.	Sacrifiés lors de l'apparition des accidents nerveux.
14,2	6,04	9,54
9,50	5,93	12,3
13,1	5,90	14,5
14,4	6,18	17,0
»	»	19,3

Les accidents nerveux apparaissent donc, comme le montrent les données acquises, alors que l'organisme possède encore d'abondantes réserves.

De l'ensemble des faits observés on peut donc conclure que, si l'inanition se surajoute indubitablement aux phénomènes d'avitaminose, ni la mort, ni les accidents nerveux ne peuvent être purement et simplement réduits à des accidents d'inanition.

ACOUSTIQUE PHYSIOLOGIQUE. — *Phonation et audition téléphonique.* Note de M. **Marage**, présentée par M. G. Ferrié.

Dans cette Note, je vais étudier quelques-unes des causes physiologiques qui empêchent de bien comprendre (je ne dis pas entendre) la voix parlée ou chantée dans un récepteur téléphonique muni ou non de fil conducteur.

Je rappellerai d'abord quelques faits d'expérience que j'ai réunis dans des travaux précédents. Puis j'étudierai successivement la voix parlée et la voix chantée. Dans chacun des cas j'examinerai d'abord le parleur, ensuite l'auditeur.

A. Faits d'expérience déjà connus. — 1° L'oreille est beaucoup plus sensible aux sons aigus qu'aux sons graves, c'est-à-dire qu'il faut une énergie beaucoup plus faible pour faire entendre les sons aigus ([1]).

2° Il n'y a pas deux oreilles absolument semblables parce que les centres auditifs cérébraux, qui font partie intégrante de l'oreille interne, interprètent les vibrations qui ont impressionné l'oreille ([2]).

3° La fonction d'audition, c'est-à-dire d'entendre, n'est pas plus fatigante que la fonction de respiration, de circulation, ou de digestion. C'est « écouter » qui est fatigant parce que le cerveau intervient.

B. Voix parlée. — *a. Parleur.* — Au téléphone il faut entendre et comprendre; s'il suffisait d'entendre, les voix de femmes et d'enfants auraient une grande supériorité sur les voix d'hommes, mais il faut comprendre, c'est-à-dire distinguer les voyelles et les consonnes. Le parleur doit bien articuler et parler lentement pour que tous les éléments du langage aient le temps d'impressionner l'oreille et d'être compris par le cerveau. Or deux cas se présentent :

Premier cas. — Les consonnes durent moins longtemps que les voyelles : si nous photographions les vibrations du mot « bonjour » et si nous prenons

---

([1]) *Comptes rendus*, t. 140, 1905, p. 87.

([2]) *Comptes rendus*, t. 147, 1908, p. 646.

comme unité de temps la durée du son le plus court : r ($\frac{1}{24}$ de seconde), nous obtenons les résultats suivants :

B	n'existe pas		
ON	dure	$\frac{15}{24}$	de seconde
J	»	$\frac{2}{24}$	»
OU	»	$\frac{21}{24}$	»
R	»	$\frac{1}{24}$	»

Le rapport de la durée des consonnes à celle des voyelles est de 3 à 36 ou 1 à 12. Les voyelles impressionnent donc beaucoup plus longtemps l'oreille que les consonnes et, si celles-ci sont mal prononcées, il ne reste plus que les voyelles, c'est-à-dire que le mot devient incompréhensible.

Prenons au contraire les quatre mots : *le roulement du tonnerre* prononcés par un méridional; à l'inverse de ce qui se passe dans le cas précédent, les consonnes ont une importance égale ou supérieure à celle des voyelles. On prend comme unité de temps le $\frac{1}{5}$ de seconde qui est le temps que met le rayon lumineux à tracer une ligne.

L	dure	$\frac{1}{5}$	de seconde	D	n'existe pas		
E	»	$\frac{0,75}{5}$	»	U	dure	$\frac{0,75}{5}$	de seconde
R	»	$\frac{3}{5}$	»	T	»	$\frac{2,5}{5}$	»
OU	»	$\frac{2}{5}$	»	ON	»	$\frac{1}{5}$	»
L	»	$\frac{0,20}{5}$	»	N	»	$\frac{0,20}{5}$	»
E	»	$\frac{1,5}{5}$	»	E	»	$\frac{2}{5}$	»
M	»	$\frac{0,20}{5}$	»	R	»	$\frac{5}{5}$	»
ENT	»	$\frac{1}{5}$	»	E	»	$\frac{0,50}{5}$	»

Le rapport de la durée des consonnes à celle des voyelles est environ de 4 à 3.

On devrait donc, toutes autres conditions égales d'ailleurs, prendre comme téléphonistes des méridionaux qui font entendre également bien voyelles et consonnes.

b. Auditeur. — L'acuité auditive étant mesurée comme je l'ai indiqué en 1900 (*Société française de Physique*, séances de Pâques) avec les voyelles synthétiques, il est rare de trouver chez les téléphonistes une audition, je ne dirais pas fine, mais normale [1]; est-ce la fatigue produite par l'usage prolongé du téléphone? peut-être, car il y a dans ces occupations un travail

---

(1) Dans l'audition normale, les voyelles synthétiques doivent être entendues à 1^{m} sous une pression d'air de 1^{mm} d'eau.

cérébral d'attention très grand, d'autant plus que le public parle trop vite, prononce mal, et écoute mal; la plupart du temps, les appareils étant supposés bons, c'est le public qui est responsable du mauvais rendement des instruments.

C. Voix chantée. — J'ai eu l'occasion, au mois de mai dernier, de faire entendre par T. S. F. à mes élèves de la Sorbonne un concert de chant donné à la Tour Eiffel. Les auditeurs au nombre de 300 environ devaient donner par écrit leurs impressions au point de vue du chant et de la compréhension des paroles. Quarante-six copies ont été remises. Il ressort des observations quelques faits intéressants :

1° Les notes sont très exactement transmises.

2° Les voix d'homme sont mieux comprises que les voix de femme.

3° Si l'air est connu de l'auditeur, il comprend très bien les paroles parce qu'il sait d'avance ce que le chanteur va dire. Pour faire de bonnes expériences il faudrait donc que musique et paroles fussent absolument inconnues des élèves.

4° Les résonateurs qui augmentent l'intensité du son le transforment beaucoup. C'est une observation que j'avais faite en 1897 en photographiant les flammes de Kœnig.

Conclusions. — Cette Note, qui n'est que le résumé d'expériences faites déjà depuis longtemps, conduit aux mêmes résultats que ceux indiqués par M. Fletcher dans *Journal of the Franklin Institute*, juin 1922, page 729, travail dont le résumé a paru dans la *Revue générale des Sciences* du 15-30 septembre 1922. Ceci est intéressant car les procédés employés sont absolument différents.

HISTOLOGIE. — *Sur le fonctionnement du tissu adipeux; recherches sur la glande nuchale des Rongeurs.* Note de **M. A. Policard**, présentée par M. E. Roux.

Dans une récente Note [1], j'ai signalé les conséquences physiologiques importantes du phénomène de l'interversion de structure qui se produit à un moment donné de l'évolution de la cellule adipeuse.

Avant cette interversion, la graisse est présente sous la forme de vési-

[1] Policard, *Sur le mécanisme de fonctionnement des cellules adipeuses* (*Comptes rendus*, t. 175, 1922, p. 534).

cules très nombreuses, mais petites, donnant à l'ensemble de la cellule un aspect muriforme bien connu. A ce stade, l'élément est incapable de fixer directement la graisse dans le sang, donc de se colorer vitalement par le rouge écarlate donné avec l'alimentation.

Mais la graisse augmentant, il y a, à un moment donné, interversion rapide de la structure. La graisse est présente sous forme d'une seule gouttelette de graisse, qui remplit la totalité de la cellule. Celle-ci est, à cet état, capable de fixer directement les hémoconies du sang et de se colorer vitalement par le rouge écarlate. Cette interversion est plus qu'un fusionnement des petites gouttelettes de graisse en une seule; elle comporte un changement d'état colloïdal. Le contenu de la cellule semble être devenu une suspension de particules protoplasmiques aqueuses dans un milieu de dispersion huileux.

Ces notions semblent être mises en évidence d'une façon particulièrement nette, au niveau d'un organe adipeux assez curieux qui se trouve situé dans la région de la nuque chez le Rat blanc et qui a reçu le nom, assez impropre d'ailleurs, de glande de la nuque ou glande nuchale. La signification physiologique de cet organe est mal connue; on l'a comparé à une glande à sécrétion interne du type du corps jaune. Je ne discuterai pas ici ce point de vue, ne voulant envisager qu'un des mécanismes de son fonctionnement.

Cet organe est constitué par des groupes de lobules adipeux de deux types. Les uns sont de couleur brune et d'aspect opaque; ils sont constitués par des cellules adipeuses renfermant des gouttelettes de graisse nombreuses, petites et serrées, du type antérieur à l'interversion de structure. Les autres lobules sont blancs et translucides; ils sont constitués par des éléments adipeux typiques, avec une seule goutte huileuse remplissant toute la cellule, en somme au stade postérieur à l'interversion. On trouve ainsi, dans cet organe, les deux types fondamentaux d'éléments adipeux. Il est donc facile d'étudier comparativement les propriétés respectives de ceux-ci.

La différence de constitution colloïdale de la graisse dans ces deux variétés de cellules est facilement mise en évidence par le procédé de la tache. Quand, dans un mélange eau-huile, la phase interne est l'huile, la phase externe l'eau, ce mélange mouillera le papier de soie qui viendra à son contact; il ne le graissera pas; la tache formée séchera, et disparaîtra vite. Quand, dans le mélange eau-huile, l'eau forme la phase interne et l'huile la phase externe, ce mélange graissera le papier, il ne le mouillera

pas; la tache produite, ne séchant pas, persistera. En appliquant ce procédé à la glande adipeuse nuchale, on constate que les lobules du premier type, à petites gouttelettes, mouillent seulement le papier de soie et que les lobules du deuxième type, à grosse gouttelette unique, graissent le papier. Dans ces derniers, la graisse constitue donc la phase externe et le protoplasma la phase interne.

En étudiant cet organe adipeux chez des animaux nourris avec de la graisse colorée au rouge écarlate, on constate que, avec toutes les masses adipeuses, les lobules du second type sont colorés en rose; par contre, les lobules du second type, avec graisse en petites gouttelettes, ne sont pas colorés; ils ont été incapables de fixer directement la graisse colorée circulant dans le sang sous forme d'hémoconies; les éléments à grosse vésicule unique ont pu, au contraire, réaliser cette fixation directe de la graisse colorée.

On saisit ainsi d'une façon nette la relation qui existe entre la structure de l'élément adipeux et sa capacité de fixation directe de la graisse. Elle est liée à sa constitution colloïdale même; elle n'a lieu que pour les cellules dans lesquelles l'huile constitue la phase externe ou milieu de dispersion.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Séparation des globulines du sérum de cheval.* Note de M. **Vila**, présentée par M. E. Roux.

On a vu ([1]), par la mesure de la viscosité des solutions de protéines de cheval, que la coagulation des colloïdes du sérum en contact avec l'acétone, peut être évitée quand on abaisse la température du milieu.

Cette notion a été appliquée au procédé d'analyse étudié en collaboration avec M. Piettre ([2]), procédé dans lequel l'acétone est utilisée pour séparer les sels et les matières grasses des protéines du sérum. En même temps le détail opératoire de la séparation des protéines a été modifié. Il en est résulté la scission du groupe des globulines, autrefois confondues dans le même précipité, en deux fractions distinctes.

Mode opératoire. — 1° *Préparation des protéines du sérum.* — Le sérum dilué de son volume d'eau, refroidi à 0°, est versé en agitant dans trois volumes d'acétone à — 10° C. Et le mélange centrifugé dans un appareil Jouan.

([1]) A. Vila, *Comptes rendus*, t. 174, 1922, p. 1131.

([2]) M. Piettre et A. Vila, *Comptes rendus*, t. 171, 1920, p. 1466.

Après avoir décanté le liquide limpide chargé de sels et des corps gras, le dépôt contenant la totalité des protéines est malaxé avec de l'éther, afin d'en chasser l'acétone. Les protéines sont ensuite dissoutes dans l'eau en rétablissant le volume du sérum dilué. On obtient ainsi, en quelques minutes, une solution claire dont la viscosité, par suite du traitement rapide à froid, est restée voisine de celle du sérum.

2° *Séparation des Globulines et de la Serum-Albumine.* — Elle est fondée sur la floculation spécifique qui s'observe lorsqu'on précipite la solution des protéines, préparées comme ci-dessus, en ajoutant une quantité d'acide juste suffisante.

On détermine la dose optimum d'acide en introduisant, dans des tubes calibrés, 2^{cm^3} de solution des protéines et en ajoutant à ces prélèvements des quantités croissantes de $1^{cm^3},5$ à 3^{cm^3} de HCl $\frac{N}{100}$. Le volume de chaque essai est ensuite complété à 5^{cm^3} avec de l'eau distillée. Dans ces conditions, on constate que, pour donner son maximum de floculation, la solution des protéines, à la concentration du sérum, exige en moyenne $2^{cm^3},2$ d'HCl $\frac{N}{100}$, soit une teneur de $\frac{1}{1250}$ d'acide chlorhydrique.

En additionnant le volume total de la solution des protéines d'une quantité d'acide proportionnelle à la dose trouvée pour 2^{cm^3}, on obtient le premier dépôt de globuline. Cette globuline d'abord lavée par centrifugation, est ensuite purifiée par dissolution dans l'eau alcalinisée avec de la soude $\frac{N}{10}$ et précipitation par addition ménagée d'acide $\frac{N}{10}$. L'opération est répétée jusqu'à ce que la liqueur surnageant le précipité ne contienne plus qu'une trace de protéine décelable par l'acétone ajoutée en excès.

Le traitement se poursuit sur les protéines restées en solution mélangées aux eaux de lavage de la première fraction des globulines. Ce liquide est de réaction légèrement acide.

Pour avoir une nouvelle séparation dans cette solution il faut, par une seconde précipitation à froid à l'acétone, éliminer l'acide introduit. Les liqueurs acétoniques retiennent l'acide chlorhydrique ainsi que les sels entraînés, et les protéines, débarrassées des matières minérales qui s'opposaient à leur séparation, peuvent alors se fractionner.

Le dépôt centrifugé, lavé à l'éther, est mis en suspension dans l'eau pure. Un important résidu demeure insoluble; on le purifie par dissolution en liqueur légèrement acide et précipitation par l'acétone. Il constitue la deuxième fraction des globulines.

Le liquide limpide de la macération contient l'albumine du sérum; on la purifie par précipitations fractionnées à l'acétone. Dès la troisième précipitation, les flocons obtenus se redissolvent sans résidu dans l'eau pure et leur solution coagule par la chaleur à partir de la température de 48° C.

Étude analytique. — Les analyses ci-dessous montrent les modifications des complexes protéines-matières minérales, aux différentes étapes du traitement par l'acétone et l'acide chlorhydrique.

A. *Déminéralisation des protéines du sérum par l'acétone* :

	Sérum ($V = 100^{cm^3}$).		Protéines ($V = 200^{cm^3}$).	
	g		g	
Extrait sec	8,080		7,020	
Cendres	0,875		0,271	
Na Cl	0,526	0,626	0,093	0,104
CO^3Na^2	0,100		0,011	

B. *Séparation de la première fraction des globulines.* — Après addition de 16^{cm^3} de HCl $\frac{N}{10}$, on a obtenu :

	Solution acide provenant de 145^{cm^3} des 200^{cm^3}.	1re fraction de globuline insoluble (HCl $\frac{1}{1250}$).
	g	g
Extrait sec	3,660	1,160
Cendres	0,267	0,015
Na Cl	0,157	trace

C. *Élimination de l'acide introduit et séparation de l'albumine.* — Les $\frac{9}{10}$ du volume de la solution acide des protéines ci-dessus ont été traités par l'acétone. Cette opération a donné :

	Globuline soluble HCl $\frac{1}{1250}$.	Albumine.	Solution acétonée.
	g	g	g
Extrait sec	0,772	2,194	0,213
Cendres	0,008	0,046	0,165
Na Cl	trace	0,006	0,139

Ces dosages démontrent le rôle de l'acétone en vérifiant l'importante diminution des sels alcalins associés aux protéines (Tableau A) ainsi que le passage dans l'extrait acétoné de l'acide, ajouté pour précipiter la globuline (Tableaux B et C) accompagné de sels entraînés par les protéines.

Rendements des fractions séparées. — Les globulines et l'albumine de 100^{cm^3} de sérum ont été séparées suivant le procédé décrit et pesées à poids constant à 100°-110° C. On a trouvé :

	g		pour 100	
Protéines dégraissées, déminéralisées..	6,64		100	
Globuline insoluble (HCl $\frac{1}{1250}$).......	1,62		24,3	
Globuline soluble »	1,80	6,07	27,1	91,3
Sérum-albumine....................	2,65		39,9	

Quelques centièmes, passés dans les lavages, ont été perdus.

Conclusions. — L'addition de moins de $\frac{1}{1000}$ d'acide chlorhydrique et le traitement à l'acétone, dans les conditions indiquées, permettent de retirer du sérum une première fraction de globuline caractérisée par son insolubilité dans le milieu acide spécifié. Une autre fraction de globuline se sépare quand on élimine l'acide introduit. La troisième fraction des protéines, très soluble dans l'eau, possède les caractères de la sérum-albumine. L'extraction de ces trois fractions s'obtient, à partir du même prélèvement de sérum, avec un rendement au moins égal à 90 pour 100.

PATHOLOGIE. — *Un cas de rage chez une lionne.* Note de MM. Y. **Manouelian** et **Jules Viala**, présentée par M. E. Roux.

On n'a jamais signalé, du moins à notre connaissance, la rage du lion confirmée expérimentalement. Nous venons d'en observer un cas typique.

Un lot de quatre jeunes lionnes âgées de huit mois, venant d'Abyssinie, arrive à Paris. Leur propriétaire remarque que l'une d'elles présente une attitude anormale. Elle est devenue taciturne, triste, se tient à l'écart et refuse de manger. Le lendemain elle est très agitée et rugit sans cesse. On remarque aussi que le timbre de la voix était devenu plus grave. Au bout de vingt-quatre heures, à cette période d'agitation fait suite une paralysie du train postérieur qui s'accentue rapidement. Le jour suivant, la paralysie a gagné les membres antérieurs. La lionne meurt après une courte agonie. La maladie n'avait duré que trois jours. Cependant, M. Bricot, vétérinaire, avait diagnostiqué la rage.

L'autopsie est pratiquée. Aucune modification apparente du système nerveux central ni de ses enveloppes. Les viscères paraissent également normaux. L'estomac est vide. L'urine obtenue par la ponction de la vessie accuse une forte glycosurie.

L'examen microscopique de la corne d'Ammon, à l'aide de la méthode de Mann, décèle les corpuscules caractéristiques de la rage, décrits par Negri : corpuscules de forme et de dimensions variables et le plus souvent inclus dans le cytoplasme et les dentrites des cellules nerveuses. Les corps les

plus communs mesurent 3. 8. 10 μ 15. Souvent ovalaires ou arrondis, ces corps contiennent à leur tour des inclusions dans une masse homogène. Il y a des corps de Negri qui contiennent un corpuscule central plus volumineux que les autres qui l'entourent à la manière d'une couronne.

L'étude histologique du ganglion plexiforme présente aussi les lésions de la rage. La plupart des cellules nerveuses sont détruites et remplacées par des nodules composés par des éléments mononucléaires. On peut suivre dans une seule coupe toutes les étapes du processus :

Les cellules satellites, qui à l'état normal entourent les cellules nerveuses du ganglion, prolifèrent, envahissent les cellules nerveuses et les détruisent. Comme il existe simultanément un grand nombre de cellules nerveuses atteintes par le même processus, on voit dans les ganglions des zones où il n'existe plus aucun élément nerveux.

L'émulsion du bulbe rachidien inoculée dans la chambre antérieure de l'œil chez un lapin et dans les muscles cervicaux de deux cobayes a provoqué une rage typique chez tous, après quatorze et quinze jours d'incubation. L'examen histologique était positif : corpuscules de Negri dans la corne d'Ammon. Destruction des cellules nerveuses du ganglion plexiforme par les cellules satellites.

Au point de vue clinique et histologique, il s'agit bien de la rage chez cette lionne. Il serait intéressant de savoir comment elle a pu la contracter; est-ce par une morsure de chien ou par une morsure d'individu de son espèce? Il nous a été impossible de nous renseigner sur ce point. On peut aussi supposer qu'elle s'est nourrie d'un animal enragé soit avant sa capture, qui était récente, soit après sa captivité; une blessure faite à la muqueuse buccale par une esquille osseuse ayant permis l'introduction du virus rabique provenant soit de la bave, soit du cerveau et de la moelle de l'animal enragé qui lui a servi de nourriture.

BACTÉRIOLOGIE. — *Sur un mode inédit de préparation des vaccins.* Note de M. **René Zivy**, présentée par M. Bazy.

Depuis le premier vaccin préparé par chauffage à 120° (vaccin antityphique de Chantemesse et Widal en 1888), la préoccupation des bactériologistes a été constamment de réduire le plus possible le degré de chauffage nécessaire à la stérilisation, et c'est ainsi qu'on est arrivé à la méthode des chauffages successifs à 56°-57°.

Cette préoccupation provenait de ce que, plus on chauffe un bacille, plus

on diminue ses propriétés vaccinantes et plus on augmente sa toxicité.

J'ai pensé que la chaleur, altérant les substances albuminoïdes, était cause des résultats incomplets et des troubles locaux ou généraux consécutifs généralement observés.

Les produits chimiques tels que : iode, éther, phénol, employés également pour la stérilisation des vaccins, m'ont paru avoir les mêmes inconvénients.

J'ai alors pensé à utiliser le froid.

Mais tous les travaux antérieurs sur l'action du froid continu sur les bactéries (Pictet et Yung, d'Arsonval et Charrin, Beijerinck et Jacobsen, Pozerski) montraient ces dernières s'accoutumant à leurs nouvelles conditions d'existence, vivent et se reproduisent aux plus basses températures. J'ai cherché à détruire cette accoutumance en faisant subir à des cultures des gels et dégels successifs ([1]).

J'obtiens une stérilisation complète par une technique très simple :

Les cultures sur gélose sont émulsionnées dans l'eau physiologique. Cette solution est titrée à l'opacimètre à 50 milliards par centimètre cube. La solution, contenue dans un tube d'alumininium (pour prévenir l'éclatement des tubes de verre qui ont fait échouer nos premières expériences) est placée dans une glacière à température constante de —18°. Cette température de —18° s'établit à l'intérieur du tube d'aluminium en 1 heure et demie environ. Les tubes sont laissés 5 heures dans la glacière, retirés, et laissés ensuite une durée égale à la température de la pièce (+16° environ). Il y a eu à ce moment un gel et un dégel.

Suivant les races de microbes, il est nécessaire de répéter cette opération :

Pour le pneumocoque........................	2 fois
Pour le streptocoque........................	2 »
Pour le colibacille........................	4 »
Pour le staphylocoque........................	6 »
Pour l'entérocoque........................	6 »

Après le nombre de séjours à la glacière indiqués, la stérilisation est définitive, comme le montre le contrôle par cultures stériles pendant trois mois. Il ne reste qu'à diluer la solution mère avec de l'eau physiologique pour obtenir le titrage désiré.

Au cours de mes expériences j'ai essayé de mettre dans la glacière les boîtes de gélose cultivée : après vingt passages dans la glacière, les prélèvements montraient que les microbes étaient toujours vivants.

([1]) Prudden (*New York Medical Record*, 1887) a fait, en vue de la stérilisation des eaux potables, des expériences dont les conclusions concordent parfaitement avec les résultats des miennes.

Pour étudier la toxicité de ce vaccin, je me suis servi d'un vaccin mixte, contenant par centimètre cube :

Pneumocoque	100 millions.
Streptocoque	100 »
Entérocoque	100 »
Staphylocoque	100 »
Colibacille	100 »

Soit 500 millions de bactéries. J'ai injecté 1^{cm^3},5 de vaccin, soit 750 millions de bactéries dans la veine de lapins de 2^{kg},800 environ : ceux-ci n'ont présenté aucun trouble, même pas d'agitation. La dose non toxique dépasse donc 300 millions par kilogramme d'animal.

La dose que j'ai généralement employée chez l'homme n'est que de 500 millions de bactéries. Je n'ai jamais observé le moindre trouble local ou général.

BACTÉRIOLOGIE. — *Porteurs sains de bacilles pesteux.*

Note de MM. **Marcel Leger** et **A. Baury**, présentée par M. F. Mesnil.

« La part d'hypothèse est encore trop grande dans l'histoire de cette maladie et, sur nombre de points importants, comme celui de la conservation du virus, le champ demeure ouvert aux investigations. » C'est par cette phrase, qui incite aux recherches de toutes sortes, que P.-L. Simond termine son remarquable article sur la peste dans le *Traité de Pathologie exotique* de Grall et Clarac.

Une constatation récente faite au Sénégal semble prouver que, dans l'endémicité de la peste, dans « la conservation du virus », il faut faire intervenir à côté du réservoir Rat, bien connu et indéniable, le réservoir Homme.

Le Service d'Hygiène de Dakar fait conduire immédiatement à un lazaret extraurbain les indigènes habitant les cases où un cas de peste s'est déclaré. L'isolement dure 5 jours; il est profité de ce laps de temps pour assurer la désinfection des effets et la désinfection des locaux.

Nous nous sommes demandé si les Noirs, ayant été en contact avec des malades, ne pouvaient pas être porteurs de bacilles de Yersin.

Le 6 septembre, avec l'aide obligeante de M. Bergonier, adjoint du directeur, le Dr Heckenroth, nous avons visité le lazaret où se trouvaient depuis l'avant-veille une trentaine de Noirs. Dix de ceux-ci, choisis au

hasard par les gardiens, nous ont été menés. Ils avaient l'apparence d'une santé parfaite. Ils n'avaient pas de fièvre et n'avaient pas été malades les jours précédents. Tous étaient porteurs de ganglions inguinaux, ce qui est pour ainsi dire de règle chez les Noirs africains; mais ces ganglions n'étaient ni volumineux, ni enflammés, ni le moindrement douloureux.

La ponction pratiquée chez chacun de ces dix sujets permit de faire des frottis de suc ganglionnaire.

Chez trois des dix Noirs, Yara Sangaré, Sidi Konaté, Djan Mandé, provenant de trois quartiers différents de Dakar, nous avons eu la surprise de rencontrer des coccobacilles, rares ou très rares, bipolaires, ne prenant pas le Gram, ayant en somme les apparences morphologiques et les réactions tinctoriales du bacille pesteux.

Il importait de compléter notre observation. Yara Sangaré et Sidi Konaté furent conduits à l'Institut de Biologie, le premier le 7 septembre, le deuxième le 11 septembre. Par une nouvelle ponction, on préleva, chez chacun d'eux, une goutte de suc ganglionnaire qui, additionnée de sérum physiologique, fut inoculée dans le péritoine de rats sauvages.

Yara Sangaré servit à inoculer deux *Mus decumanus*, Sidi Konaté deux *Mus rattus*.

a. Des deux rats de Sangaré, l'un, le n° 123, paraît malade dès le quatrième jour. Il est sacrifié, très malade, le 15 septembre, afin de pouvoir ensemencer, avec quelque chance de succès, le sang du cœur. Sur frottis de sa rate, sont trouvés les mêmes bacilles que dans le suc ganglionnaire de Sangaré.

Ce *Mus decumanus* 123 sert à inoculer à son tour deux autres animaux : un *Myoxus murinus* 132, qui meurt en 8 jours, et un *Mus decumanus* qui meurt en 11 jours. Chez les deux, les frottis d'organes montrent le même germe microbien que chez *Mus decumanus* 123.

Le sang du cœur du *Mus decumanus* 123, ensemencé sur gélose, a donné une culture pure, que nous conservons, d'un coccobacille ayant toute apparence du bacille pesteux. Il était nécessaire de l'identifier par inoculation aux animaux d'une part, par culture sur divers milieux d'autre part.

Une culture de deuxième passage sur gélose, vieille de 48 heures, est inoculée dans le péritoine à un *Mus musculus*, un *Myoxus murinus*, un *Mus decumanus*, un Cobaye, aux doses respectives de $\frac{1}{8}$, $\frac{1}{4}$, $\frac{1}{4}$, $\frac{1}{2}$ centimètre cube d'émulsion. La souris grise et le lérot meurent en 20 heures, le rat gris en 3 jours, le cobaye en 26 heures. Tous ont des bacilles pesteux nombreux dans leurs organes.

La souche provenant du *Mus decumanus* 123 (virus Sangaré) est ensemencée en bouillon recouvert d'huile, sur gélatine, pomme de terre et géloses sucrées diverses. Bouillon : culture en stalactites. Gélatine : non liquéfiée. Pomme de terre : culture très grêle. Milieux sucrés : Lactose +, Galactose +, Mannite +, Lévulose +, Glucose +.

Le deuxième *Mus decumatus*, n° 124, inoculé le 7 septembre avec le suc ganglionnaire de Yara Sangaré, ne paraît jamais malade. Sacrifié le 28 septembre, il présente pourtant dans ses organes les mêmes coccobacilles que les autres.

b. Les deux *Mus rattus* inoculés dans le péritoine, le 11 septembre, avec le suc ganglionnaire de Sidi Konaté sont sacrifiés, très malades, le 22 septembre, et trouvés porteurs dans leurs organes de bacilles de Yersin.

Diverses considérations d'ordre pratique découlent de nos recherches.

1° Des sujets, jouissant d'une bonne santé apparente, en tout cas n'ayant présenté aucun trouble morbide ni avant ni pendant 28 jours d'observation, peuvent héberger dans leurs ganglions, indolores et non enflammés, des bacilles de Yersin. Ce ne sont pas des pesteux ambulatoires à *Pestis minor*. Ce sont vraiment des *porteurs sains*, impossibles à dépister cliniquement.

Les bacilles isolés de leur suc ganglionnaire ont les réactions culturales de bacilles pesteux authentiques; leur virulence pour les rongeurs n'est nullement atténuée : une culture sur gélose de 48 heures entraîne la mort de la souris grise et du lérot en 20 heures, du cobaye en 26 heures, du rat gris en 3 jours. Ils sont tout aussi pathogènes que les germes, provenant de crachats de 10 broncho-pneumoniques pesteux dont nous avons récemment vérifié la virulence à la demande du Dr Lhuerre, chargé du Service des Contagieux de l'Hôpital Indigène. Ils entraînent plus vite la mort des animaux en expérience que les bacilles de Yersin de diverses souches que nous entretenons à l'Institut de Biologie (quatre datent de 1921, deux de 1922).

2° Aucun parallélisme n'existe, pour certains bacilles de la peste, entre la virulence chez l'Homme et la virulence chez les animaux.

3° Encore plus que les pesteux ambulatoires, les porteurs sains de bacilles de Yersin échappent à la surveillance médicale même prolongée. Leur rôle doit cependant n'être pas nul dans le maintien de l'endémicité et aussi dans la dissémination à distance du mal.

La séance est levée à 16 heures et demie.

A. Lx.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 30 OCTOBRE 1922.

PRÉSIDENCE DE M. ALBIN HALLER.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

GÉOMÉTRIE. — *Sur la représentation plane de l'espace.* Note de M. D'OCAGNE.

Les modes couramment employés de représentation plane de l'espace apparaissent, sous la forme où ils sont traditionnellement enseignés, comme procédant de concepts distincts, au moins en apparence. Il peut n'être pas sans intérêt de les faire dériver d'un principe unique.

Les points de l'espace constituant un système triplement infini, c'est-à-dire dépendant de trois paramètres, et les points d'un plan, un système doublement infini seulement, il n'est pas possible d'établir une correspondance univoque entre les uns et les autres, ni, par conséquent, d'obtenir une représentation plane, simplement ponctuelle, de l'espace. Pour réaliser une représentation plane de l'espace, il faut, de toute nécessité, faire correspondre, de manière univoque, à chaque point de cet espace, un élément dépendant, sur le plan, de trois paramètres; théoriquement, cela est possible d'une infinité de manières; pratiquement, le choix ne doit se porter que sur des éléments comportant un tracé expéditif et se prêtant à des constructions simples, en vue de déduire des éléments représentatifs de points donnés dans l'espace ceux d'autres points liés aux premiers par des conditions géométriques données. Cette considération est de nature à réduire très sensiblement le champ des possibilités auxquelles on peut avoir recours.

Toute courbe plane dépendant de trois paramètres (comme un cercle quelconque, une parabole dont l'axe a une direction fixe, etc.) peut servir

d'élément fondamental pour la représentation telle qu'elle vient d'être définie, sa détermination étant liée d'une façon aussi simple que possible, mais nécessairement univoque, aux trois paramètres servant à définir la position du point correspondant dans l'espace (généralement ses coordonnées rapportées à un certain trièdre de référence trirectangle $Oxyz$). On déterminera, par exemple, le cercle représentatif du point (x, y, z) par son centre, auquel on affectera les coordonnées x et y, et son rayon que l'on prendra égal à z.

De fait, un tel mode de représentation a été systématiquement étudié, dès 1828, par Cousinery, sous le nom de *géométrie perspective*.

Mais il est possible de faire choix d'un élément à triple indétermination, plus simple que toute courbe répondant à la question, fût-elle même seulement un cercle, en n'ayant recours qu'à des points. Un couple de points sur un plan dépend de quatre paramètres; pour obtenir un élément représentatif des points de l'espace, il faut donc n'envisager sur le plan que des couples de points satisfaisant à une condition particulière qui réduise à trois le nombre des paramètres par lesquels chaque couple sera déterminé. Il est clair, d'autre part, qu'il y aura avantage, au point de vue de la commodité des tracés, à donner à cette condition particulière une forme projective; la plus simple assurément qu'elle puisse revêtir est celle de l'alignement des deux points formant le couple représentatif sur un point fixe.

On aperçoit immédiatement le moyen de réaliser un tel mode de représentation : il suffit de projeter chaque point M de l'espace, à partir de deux centres de projection P et P′ sur un même plan de projection Π; si m et m' sont les projections ainsi obtenues, la droite mm', dite *de rappel*, passe bien par un point fixe, savoir celui où la droite PP′ perce le plan Π, et le couple $(m.m')$ constitue alors un élément représentatif du point M dans le plan Π, répondant à la condition posée.

On a ainsi la représentation par *double perspective* à laquelle, en 1902, M. Baudran a consacré une étude spéciale dans les *Nouvelles Annales de Mathématiques* (p. 552).

Si la droite PP′ est parallèle au plan de projection, les deux figures engendrées respectivement par m et par m', regardées séparément par les yeux d'un même observateur, placés en P et en P′, font naître, pour cet observateur, l'effet stéréoscopique.

Prenant, en particulier, pour plan Π, la face Oxy du trièdre de référence, pour centre P le point à l'infini sur Oz, pour centre P′ le point à l'infini sur la bissectrice de l'angle yOz, on obtient le mode de représenta-

tion ainsi défini : le point M est représenté par sa projection orthogonale m sur Oxy et le point m' situé sur la ligne de rappel parallèle à Oy menée par m, et tel que le vecteur mm' porté sur cette ligne de rappel soit égal, en grandeur et sens, à z. Le système spécial de géométrie descriptive qui en résulte est celui qui a été étudié, en 1917, par M. Juhel-Rénoy dans la *Revue de l'enseignement des Sciences* (t. 11, p. 188).

En vue de répondre à certaines convenances particulières, on peut être amené à ne pas effectuer directement la seconde projection sur le plan Π; en pareil cas, ayant fait d'abord une projection sur Π à partir de P et une autre sur Π_1 à partir de P_1, on projette, à son tour, cette seconde projection sur Π à partir de P'. Si m, m_1 et m' sont les projections du point M ainsi successivement obtenues, pour que le couple (m, m'), représentatif de M sur Π, soit, comme précédemment, aligné sur un point fixe, il faut que les trois centres de projection P, P_1, P' soient situés sur une même droite, le point fixe vers lequel convergent toutes les droites de rappel mm' étant alors le point où cette droite PP_1P' perce le plan Π.

Si, ayant rapporté tous les points de l'espace au trièdre trirectangle $Oxyz$, on prend, dans ces conditions, le plan Oxy (dit alors *horizontal*) pour plan Π, le plan Oxz (dit *vertical*) pour plan Π_1, le point à l'infini sur Oz pour point P, le point à l'infini sur Oy pour point P_1, le point à l'infini sur la bissectrice de l'angle yOz pour point P', on tombe sur le mode de représentation usité en *géométrie descriptive ordinaire*. La droite PP_1P' est alors la droite à l'infini du plan Oyz et les lignes de rappel sont toutes parallèles à Oy.

Si l'on prend le plan Oxz (*tableau*) pour plan Π, le plan Oxy (*géométral*) pour plan Π_1, le point P quelconque à distance finie (*point de vue*), le point à l'infini sur Oz pour point P_1, le point P' coïncidant avec P, on obtient la représentation usuelle dite *perspective conique*. La droite PP_1 est alors parallèle à Oz et les lignes de rappel sont toutes parallèles à cet axe.

Le plan Π étant cette fois orienté de façon quelconque par rapport au trièdre $Oxyz$ et les points P et P' confondus à l'infini d'une droite Δ également quelconque, non située dans Π, si l'on prend le plan Oxy pour plan Π_1 et le point à l'infini sur Oz pour point P_1, on a (en supposant les segments unitaires marqués sur les projections de Ox, Oy et Oz) la *perspective axonométrique*, qui, lorsque le plan Π est également incliné sur les trois faces du trièdre $Oxyz$ et la droite Δ perpendiculaire à ce plan, devient la *perspective isométrique*, lorsque le plan Π est parallèle au plan Oxz et la direction de Δ quelconque, la *perpective cavalière*.

La définition de tous les modes usuels de représentation plane de l'espace se trouve donc ainsi ramenée à l'unité.

Les principes ici appliqués seraient susceptibles d'extension à la représentation plane d'un espace à quatre dimensions. Ici, chaque point dépendant de quatre paramètres, il devra en être de même de son élément représentatif dans le plan; cet élément pourra donc être un couple de deux points, non assujetti, cette fois, à aucune condition particulière. Reste à établir un mode de correspondance univoque entre ce couple représentatif et le point de l'espace quadridimensionnel défini par ses quatre coordonnées x, y, z, t; on peut évidemment le faire de diverses façons. Reprenons, par exemple, le mode de représentation de l'espace ordinaire en perspective axonométrique; il revient à ceci : les vecteurs x, y, z étant portés respectivement dans des directions fixes données, avec des modules constants correspondant à chacune d'elles, on peut dire que le couple (m, m') représentatif du point de coordonnées x, y, z s'obtient en prenant, à partir d'un point fixe O, le vecteur résultant Om' de x et y, puis, à partir de m', le vecteur $m'm$ équipollent à z. Passant au cas de quatre dimensions x, y, z, t, nous dirons que pour avoir le couple représentatif (m, m') il suffit de prendre, à partir du point fixe O, le vecteur résultant Om' de x et y, puis, à partir de m', le vecteur résultant $m'm$ de z et t.

Mais ce mode de correspondance entre x, y, z, t, d'une part, m et m', de l'autre, n'a rien de nécessaire, et, pourvu qu'il ne cesse pas d'être univoque, on peut, pour la commodité des applications, lui donner telle autre forme que l'on veut.

CORRESPONDANCE.

MM. Carl Benedicks, Jean Chazy, Charles Chèneveau, Jules Drach, René Dubrisay, M. Garnier, Marcel Godchot, Jean Le Roux, Gino Loria, Paul Muller, C. Raveau, H. Roussilhe, Rodolphe Soreau, Carl Störmer, Georges Tanret, Wladimir Vernadsky adressent des remercîments pour les distinctions que l'Académie a accordées à leurs travaux.

M. le Secrétaire perpétuel signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

Mollusques terrestres et fluviatiles de Syrie, par Louis Germain. (Présenté par M. Joubin.)

THÉORIE DES GROUPES. — *Sur les diviseurs de certains groupes linéaires galoisiens.* Note de M. DE SÉGUIER, présentée par M. Appell.

Lorsqu'on cherche les diviseurs d'un groupe linéaire dans un champ galoisien $\mathfrak{S}$ d'ordre $\pi = p^{\kappa}$ (p premier), un des premiers problèmes qui se posent est de déterminer les diviseurs isomorphes au groupe $\mathfrak{L}(2, p^m)$ formé des substitutions $\frac{\alpha z + \beta}{\gamma z + \delta}$ dans le champ $\mathfrak{S}_m$ d'ordre p^m, ou à son diviseur $\mathfrak{O}(2, p^m)$ d'indice 2.

Je me servirai dans ce qui suit des mêmes notations que dans mon Mémoire *Sur les groupes à invariant bilinéaire ou quadratique dans un champ de Galois* (*J. M.*, 1916) dont je rappellerai seulement quelques-unes.

Soit $A(n, \pi)$ un groupe linéaire à n variables conservant un invariant a hermitien, bilinéaire, gauche ou quadratique, les substitutions de A étant dans $\mathfrak{S}$ si a est gauche ou quadratique, dans le champ $\mathfrak{S}'$ d'ordre π^2 si a est hermitienne. Je désigne par $A^0(n, \pi)$ le diviseur de A formé des substitutions unimodulaires, par $A'(n, \pi)$ le groupe conservant a à un facteur près, par $D = \{d\}$ le groupe engendré par la similitude d'ordre 2, par $\mathcal{A}(n, \pi)$ ce que devient A quand on regarde les variables comme homogènes.

Je me suis proposé de chercher un diviseur $\mathcal{X}$ de $\mathcal{A}$ isomorphe à $\mathfrak{L}(2, p^m)$, où les s_p soient irréductibles (c'est-à-dire n'aient qu'une suite canonique lorsqu'on regarde les variables comme non homogènes), en supposant $p \geqq n > 2$. Voici les principaux résultats que j'ai obtenus.

Pour que $\mathcal{X}$ existe, il faut et suffit que A ait un diviseur X dont les similitudes forment un diviseur de D, et tel que $XD/D \equiv \mathcal{X}$, l'ordre de X étant minimum. Pour que X existe, il faut que m divise $K = mk$. Il faut de plus, si a est gauche, que k soit pair, et, si a est quadratique, que n soit impair.

Soit ν le plus grand entier $\leqq \frac{1}{2}n$. Je supposerai A de l'une des formes H, G, Q, ou, pour $n = 2\nu + 1$, $\overline{H}$, a ayant les formes correspondantes. Je rangerai ici les variables dans l'ordre $y_1, \ldots, y_\nu, x, x_\nu, \ldots, x_1$, en supprimant x s'il ne se présente pas, et je les désignerai dans cet ordre par $y_1, \ldots, y_n$.

1. En remplaçant X par un de ses conjugués dans A ou, si $A = G$, dans A', on peut supposer :

1° Qu'un de ses g_{p^m} est le groupe ϖ dérivé des substitutions σ_α de matrice $(\sigma_{\alpha ik})$ où $\sigma_{\alpha ik} = 0$ si $i < k$, $\sigma_{\alpha ii} = 1$, $\sigma_{\alpha ik} = \frac{s_i}{s_k} \frac{\alpha^{i-k}}{(i-k)!}$, en posant $\sigma_1 = \sigma$, $\sigma_{1ik} = \sigma_{ik}$, $s_l = \sigma_{21}\sigma_{32} \ldots \sigma_{l,l-1}$ si $l \geqq 2$, $s_1 = 1$, et,

si $A = H$ ou G, $\sigma_{21} = \sigma_{32} = \ldots = \sigma_{\nu+1,\nu} = 1$; $\sigma_{n+1-i,n-i} = -\sigma_{i+1,i} (i = 1, \ldots,$

$\nu - 1$ si $\nu > 1$); $\sigma_{\nu+2,\nu+1} = -\omega\sigma_{\nu+1,\nu}$ si $n = 2\nu + 1$ ($\omega = \dot{\upsilon} - \dot{\upsilon}$, $\dot{\upsilon}$ étant un élément définissant de ε');

si $A = \overline{H}$ (avec $n = 2\nu + 1$) ou Q, $\sigma_{i,i-1} = (-1)^i$ ($i = 2, \ldots, n$);

2° Que X contient une substitution μ_m de la forme $[\xi]^{-g}\mu_0^g$ où $\mu_0 = |y_k \iota^k y_k|$ ($k = 1, \ldots, n$), ι étant primitif dans ε, $[\xi]$ la similitude de multiplicateur ξ égal à $\iota^{\nu+1}$ si $n = 2\nu + 1$, à $\sqrt{-\iota^{n+1}}$ si $n = 2\nu$ avec $A = H$, à $\sqrt{\iota^{n+1}}$ si $n = 2\nu$ avec $A = G$, et $g = \dfrac{\pi - 1}{p^m - 1}$.

2. En posant $|\varpi, \mu_m| = \Phi$, $\Phi D / D$ est isomorphe à $|\varepsilon + 1, \iota^g \varepsilon|$, et X est déterminé par celle γ de ses substitutions qui vérifie $D\gamma^2 = D$, $D\gamma^{-1}\mu_m\gamma = D\mu_m^{-1}$, $\sigma\gamma\sigma = \gamma\sigma^{-1}\gamma$ [$D\gamma$ correspond à $-\varepsilon^{-1}$ de $\mathfrak{L}(2, p^m)$]. $X = |\Phi, \gamma|$ a toujours une détermination X^0 où γ est,

si $A = H$ ou G, la substitution γ_0 qui remplace y_i pour $i \leqq \nu$ par $\dfrac{(-1)^{n+i}\sigma_{i1}}{\sigma_{n+1-i,1}} y_{n+1-i}$, y_{n+1-i} par $\dfrac{(-1)^{i+1}\sigma_{n+1-i}}{\sigma_{i1}} y_i$, et, si $n = 2\nu + 1$, $y_{\nu+1}$ par $(-1)^\nu y_{\nu+1}$,

si $A = \overline{H}$ (avec $n = 2\nu + 1$) ou Q, la substitution γ_0 qui remplace y_i par $\dfrac{(-1)^{i+1}\sigma_{i1}}{\sigma_{n+1-i,1}} y_{n+1-i}$ ($i = 1, \ldots, n$).

Si $m = 1$ et $n = p - 1 = 2\nu$, X a une autre détermination X_1 où γ est la substitution γ_1 qui remplace y_i, pour $i \leqq \nu$, par $\dfrac{(-1)^{\nu+i}\sigma_{\nu,\nu+1-i}}{\sigma_{\nu i}} y_{\nu+1-i}$ et y_j pour $j = n + 1 - i$ par $\dfrac{(-1)^{\nu+i}\sigma_{\nu i}}{\sigma_{\nu,\nu+1-i}} y_{i+\nu}$, et $X_1 (\equiv X_0)$ n'est pas conjugué de X_0 dans A.

Si $m = 1$ et $n = p$, X a une autre détermination X_2 où γ est la substitution γ_2 qui conserve y_1 et y_n, et remplace y_i, pour $i = 2, \ldots, n - 1$, par $\dfrac{(-1)^i s_i}{s_{n+1-i}} \dfrac{(n-1-i)!}{(i-2)!}$, et $X_2 (\equiv X_0)$ n'est pas conjugué de X_0 dans A.

3. Tout diviseur de A isomorphe à X est conjugué dans A ou, si $A = G$, dans A' de l'un des groupes X_i.

Le normalisant de X_i dans A est X_i sauf si $n = p$ avec $m = 1$ et $A = H$ ou $\overline{H}$: dans le premier cas il est $|X_i, u_{1\iota^g}|$, et dans le second $|X_i, \overline{u}_{1,\omega\iota^g}|$.

Quand X_i contient d, le diviseur $X_i^0 = |\varpi, \mu_m^2, \gamma_i|$ d'indice 2 dans X_i est isomorphe à $U(2, p^m)$.

Tout diviseur de $\mathcal{A}$ isomorphe à $\mathfrak{V}(2, p^m)$ divise un des groupes $\mathcal{X}_0$, $\mathcal{X}_1$, $\mathcal{X}_2$ obtenus en regardant dans X_0, X_1, X_2 respectivement les variables comme homogènes.

Soit $p = 5$. Alors $|\mathcal{X}_0, \mathcal{X}_1|$ dans $\mathcal{G}(4, 5^2)$ et $|X_0, X_2|$ dans $Q^0(5, 5)$ sont

isomorphes au g^6_{720}; $\{x^0_0, x^0_1\}$ dans $\mathcal{G}(4, 5)$ et $\{X^0_0, X^0_2\}$ dans $R(5, 5)$ sont isomorphes au g^6_{360}.

4. Supposons désormais que $A = Q$. Alors :

1° X_0 divise R sauf si $\varkappa$ est impair et $\nu \equiv 1$ ou $2 \bmod 4$ (alors le plus grand commun diviseur de X_0, R est X^0_0). Pour que X_0 divise R, il faut et suffit que K soit pair ou que $p \equiv 1 \bmod 24$.

2° En regardant les variables comme homogènes, x_0 conserve la courbe $\rho y_i = \sigma_{i1} z^{i-n} (i = 1, \ldots, n)$ qui, jointe à la génératrice $y_1 = \ldots = y_{\nu+1} = 0$, forme l'intersection de $a = 0$ avec $n - 3$ autres quadriques.

3° En désignant par X_{0k} et X^0_{0k} les actions respectives de X_0, X^0_0 sur les variables autres que $x_1, y_1, \ldots, x_k, y_k$ quand on regarde dans cette action $x_1, y_1, \ldots, x_k, y_k$ comme nuls $(X_{00} = X_0;\ X^0_{00} = X^0_0)$, on a $R = \{X^0_{00}, X^0_{01}, \ldots, X^0_{0,\nu-1}\}$ et même, si $p \geqq 7$, $R = \{X^0_{00}, \ldots, X^0_{0,\nu-2}\}$.

HYDRAULIQUE. — *Sur le régime turbulent.* Note [1] de M. C. **Camichel**, transmise par M. André Blondel.

Cette Note résume des expériences ayant pour objet de mettre en évidence une propriété du régime turbulent que je crois nouvelle : c'est le fait que divers obstacles entièrement différents placés sur le trajet d'un liquide en mouvement peuvent donner à celui-ci le même degré de turbulence [2] et que ce degré de turbulence ne peut être dépassé.

I. Dans une première série d'expériences, j'ai essayé d'augmenter la turbulence du régime turbulent en interposant sur le trajet du liquide des obstacles divers.

On emploie par exemple de longs tubes horizontaux ayant $4^{m},60$ de longueur et $2^{cm^3},3$ de diamètre intérieur; les mesures sont faites assez loin de l'extrémité amont pour que la turbulence soit constante et indépendante du point considéré ; on s'en assure en vérifiant que les pressions se répartissent linéairement suivant la longueur. On dispose, à l'intérieur du tube étudié, des obstacles constitués par exemple par des treillis métalliques ayant $2^{mm} + 2^{mm}$, ou bien un tampon de 10^{cm} de longueur, constitué par des grains de charbon de 3^{mm} à 4^{mm} de diamètre, ou un faisceau de 16 tubes de verre de 10^{cm} de longueur et de 4^{mm} de diamètre intérieur, etc. On

---

(1) Séance du 16 octobre 1922.

(2) *Comptes rendus*, t. 173, 1921, p. 630.

mesure la vitesse moyenne W de l'eau dans le tube et la différence H des pressions évaluées sur la génératrice supérieure du tube en des points équidistants éloignés les uns des autres de 50^{cm}. La courbe ayant comme abscisses W et comme coordonnées H est sensiblement la même, que l'obstacle existe ou n'existe pas; par exemple, en employant un treillis de $2^{mm} \times 2^{mm}$, la différence des pressions évaluées à $11^{mm},7$ et à $511^{mm},7$ de l'obstacle, est $H = 48^{cm},8$ d'eau quand l'obstacle est enlevé, et $H = 48^{cm}$ quand il est mis en place, pour la même vitesse $W = 5^{m}$ par seconde. La seule précaution à prendre dans cette expérience consiste à mesurer les pressions assez loin de l'obstacle pour que les surfaces de discontinuité qu'il produit n'interviennent pas, et de faire toutes les mesures à la même température.

Ces expériences peuvent être interprétées en disant que les obstacles placés sur le trajet du liquide n'en modifient pas la turbulence, ou bien qu'à une certaine distance de l'obstacle l'influence de celui-ci disparaît et que les parois du tube et le frottement intérieur du fluide interviennent seuls. Cette seconde interprétation n'est pas conforme à ce que montrent les photographies des filets liquides et à la détermination directe sur ces photographies des distances auxquelles les perturbations causées par l'obstacle se transmettent.

II. Dans une autre série d'expériences, j'ai produit le régime hydraulique non turbulent ([1]) et je l'ai altéré par des obstacles divers placés sur le trajet du liquide.

Par exemple, on utilise un tube de cuivre horizontal, muni à son extrémité amont d'un pavillon et ayant 16^{cm} de longueur et $16^{mm},2$ de diamètre intérieur, contre lequel on dispose successivement une règle plate ayant comme section $51^{mm} \times 11^{mm},5$, une grille à barreaux parallèles de $1^{mm},5$ de diamètre écartés de 4^{mm}, un grillage en fil de fer formé par des carrés de $2^{mm} \times 2^{mm}$; ces trois objets donnent très sensiblement la même courbe (H, W); les vitesses maxima dans cette expérience sont de 3^{m} par seconde. Dans les expériences suivantes, on a augmenté la vitesse de l'eau.

III. Un tube horizontal ayant $6^{mm},18$ de diamètre intérieur et 80^{mm} de longueur et muni d'un pavillon, plonge par son extrémité amont dans une cuve pleine d'eau; il est muni d'un ajutage latéral permettant de déterminer la différence entre la pression en un point situé sur la génératrice supérieure à une distance de 50^{mm} de l'extrémité aval et la pression atmo-

---

([1]) *Comptes rendus*, t. 170, 1920, p. 986; t. 173, 1921, p. 630.

sphérique; pour détruire le régime non turbulent, on emploie des treillis ayant : $0^{mm},9 \times 0^{mm},9$, — $0^{mm},66 \times 0^{mm},66$, — $0^{mm},58 \times 0^{mm},58$; des toiles diverses, etc.; on place sur le trajet du liquide par exemple de 1 à 8 treillis. Les courbes (H, W) obtenues sont toujours très sensiblement les mêmes. Il faut toutefois dans ces expériences que les obstacles produisent une perturbation donnant un phénomène bien défini; on s'en assure en observant le manomètre, ses indications doivent être très régulières; quand les obstacles sont insuffisants, on obtient des régimes instables et irréguliers qui sont constitués, comme le montre l'observation directe des filets liquides, par des mélanges en proportions variables du régime hydraulique non turbulent et du régime turbulent; les valeurs de H qu'on obtient alors sont trop faibles. Dans ces expériences, l'influence de l'obstacle persiste sur toute la longueur du tube puisque le régime est toujours turbulent à la sortie, alors que, sans obstacle, dans les mêmes conditions, il n'est pas turbulent.

Sans doute, les deux dernières expériences (II) et (III) sont complexes; H ne mesure nullement la perte de charge entre les points étudiés, les tubes étant beaucoup trop courts; mais, l'interprétation la plus simple qu'on puisse en donner, est que le degré de turbulence est le même dans les divers cas.

IV. Les expériences précédentes, dans les conditions où elles ont été effectuées et pour des vitesses comprises entre 0^{m} et 8^{m} par seconde, me paraissent montrer l'existence, indépendamment du régime hydraulique non turbulent, d'un régime turbulent dont la turbulence est indépendante des obstacles qui la produisent et ne peut être dépassée.

V. Les surfaces de discontinuité, provoquées par des obstacles, ont été produites dans le régime turbulent et dans le régime non turbulent; l'expérience a montré qu'elles étaient les mêmes dans les deux cas pour le même obstacle et la même vitesse de l'eau; ce résultat est conforme aux travaux de M. Boussinesq (*Essai sur la théorie des Eaux courantes*, 1re Partie, § I et II) qui a montré que les équations de l'hydrodynamique s'appliquent aux valeurs moyennes locales des vitesses.

ASTRONOMIE PHYSIQUE. — *Sur le rôle que la dispersion anomale peut jouer dans les spectres des étoiles.* Note de M. **M. Maggini**, présentée par M. Bigourdan.

On connaît aujourd'hui plusieurs causes physiques capables de produire des déplacements de raies dans un spectre stellaire : la pression, la vitesse radiale (effet Döppler), la dispersion anomale, auxquelles on peut ajouter une différence dans le potentiel de gravitation. Tour à tour une cause ou l'autre sera la principale suivant les conditions particulières de l'astre.

En général les astronomes préfèrent attribuer les déplacements des raies à l'effet Döppler, car c'est l'interprétation la plus simple, et souvent la plus évidente, des faits d'observation. Pourtant, d'autres faits ne peuvent s'expliquer par les deux premières causes; ce sont surtout ceux qui se rapportent aux raies isolées, ou à un ensemhle de raies, dont le déplacement est en désaccord avec le déplacement général du spectre. La dispersion anomale peut seule donner une interprétation plausible des phénomènes. C'est ainsi que pour le spectre des étoiles nouvelles, Adams a constaté des déplacements dans les raies de H et de He qui montrent une diversité dans les composantes. De même, mais d'une manière moins saillante, le phénomène va se répéter dans quelques raies des spectres stellaires du type B, dont la raie K(Ca) montre des déplacements de période égale à celle qu'on déduit des autres raies, mais avec une amplitude moindre. Dans le même type stellaire se trouvent aussi les raies D(Na) stationnaires ainsi que dans les « Novæ ».

Un fait important a été récemment constaté par M. Henroteau pour la double spectroscopique σ *Cygni*, du type spectral B. Il a trouvé que la vitesse radiale donnée par la raie H_ε de l'hydrogène était différente de la vitesse donnée par les autres raies du spectre; or cette raie H_ε est très proche de la raie H du calcium, leurs longueurs d'onde étant

$$H_\varepsilon = 3970,2, \qquad H = 3968,6.$$

M. Henroteau lui-même pense que la dispersion anomale près de H(Ca) peut expliquer ce fait; ainsi il revient aux expériences de Puccianti, de Schön et de Geisler pour une recherche quantitative du phénomène dans les vapeurs de cet élément.

Je crois que les valeurs de ces déplacements peuvent trouver une ressem-

blance dans l'intensité de la dispersion anomale près des raies du calcium ou d'autres corps dont le poids atomique est léger, qui se trouvent dans ou dehors de la photosphère stellaire (nuages de calcium, etc.). Cette intensité est donnée avec précision par les mesures sur les courbes de dispersion exécutées au laboratoire. Dans une recherche que j'ai ainsi faite par la méthode interférentielle, j'ai essayé de démontrer, suivant un principe établi par Puccianti, quel rapport existe entre les intensités de la dispersion anomale près des raies qui constituent un triplet. Prenons la formule de Sellmeier sous la forme

$$n^2 - n_0^2 = \frac{a_1}{\lambda^2 - \lambda_1^2} + \frac{a_2}{\lambda^2 - \lambda_2^2} + \frac{a_3}{\lambda^2 - \lambda_3^2}.$$

Les quantités a_1, a_2, a_3 seront des constantes caractéristiques de chaque raie; leurs valeurs ou leurs rapports pourront être déduits des mesures des déplacements des courbes de dispersion près des raies.

Les triplets que j'ai étudiés sont ceux qui appartiennent ou à la première ou à la deuxième série secondaire de Mg, Ca, Zn, Cd; les conclusions que l'on croit en pouvoir déduire sont les suivantes :

1° Dans les triplets des séries secondaires des quatre éléments étudiés (groupe II de Mendelejeff) l'intensité de la dispersion anomale va en diminuant avec la réfrangibilité de la raie.

2° Les deux rapports $\frac{a_1}{a_2}$, $\frac{a_2}{a_3}$ sont égaux, c'est-à-dire que la constante a_2 est moyenne proportionnelle entre a_1 et a_3.

3° La valeur k des deux rapports augmente au fur et à mesure que le poids atomique s'élève.

J'ai fait une recherche sur les expériences de dispersion anomale dans les doublets dus à Schön (¹) et Roschdstwensky (²), et j'ai trouvé que même dans les doublets de la série principale de Na, K, Rb, Ag (groupe I de Mendelejeff) le rapport $\frac{a_1}{a_2}$ est proportionnel au poids atomique, lorsqu'on caractérise par 1 la raie dans laquelle la dispersion anomale a une plus grande intensité, c'est-à-dire, pour la série principale, la raie la plus réfrangible.

Prenant pour abscisses les poids atomiques et pour ordonnées les k, on constate que, tant les mesures sur les doublets que celles sur les triplets,

---

(¹) *Inaugural-Dissertation*, Leipzig, 1907.

(²) *Annalen der Physik*, 4e série, t. 39, 1912, p. 307.

peuvent satisfaire à une même courbe. Le Tableau suivant montre les résultats pour les deux groupes considérés :

Groupe I.	Poids atomique.	k.	Groupe II.	Poids atomique.	k.
Na	23	2,0	Mg	24	2,2
K	39	3,7	Ca	40	3,5
Rb	85	4,8	Zn	65	4,5
Ag	108	5,0	Cd	112	5,0

Les valeurs du rapport k nous montrent l'influence des diverses raies d'un même élément sur la dispersion, influence qui est presque proportionnelle à l'intensité de la raie, c'est-à-dire, du moins en apparence, directement proportionnelle à la longueur d'onde dans les doublets et les triplets des séries secondaires, et inversement proportionnelle dans ceux de la série principale.

Or une proportionnalité avec la longueur d'onde a été trouvée par Adams (¹) dans les déplacements des raies de H et He dans les « Novæ ». Pour la « Nova Geminorum », le déplacement de la composante la plus réfrangible des raies de H était double de celui de la composante moins réfrangible; pour la « Nova Aquilæ », ce déplacement était 1,5, tandis que les raies H, K du calcium et les D du sodium ne montraient que le déplacement dû à la vitesse radiale.

ASTRONOMIE. — *Sur une variation périodique annuelle de la marche des pendules*. Note (²) de M. **R. Goudey**, présentée par M. G. Bigourdan.

On sait qu'une pendule astronomique, placée dans un milieu invariable, présente parfois d'inexplicables variations de marche qui rendent incertaine l'extrapolation de l'heure.

Pour élucider cette question, je me suis proposé d'y appliquer les méthodes de calcul employées dans l'étude de certains phénomènes, tels que la déviation de la verticale.

J'ai étudié ainsi la marche de la pendule Fénon 45, de l'Observatoire de Besançon. Cette pendule, placée dans une salle du rez-de-chaussée, est

(¹) *Proceed. of the Nat. Ac. of Science U. S. A.*, vol. 4, p. 358.
(²) Séance du 23 octobre 1922.

soumise aux variations naturelles de la pression atmosphérique; elle est enfermée dans une double enceinte vitrée où la température varie lentement.

L'élément, qui me sert pour cette étude, est l'*état de la pendule* ou C_p. Je prends, comme intervalle de temps, l'année que je partage en 36 parties égales. Pour chaque année complète d'observations, je calcule les C_p correspondant au début de chacune de ces périodes. Je calcule ensuite la marche moyenne annuelle et je corrige chaque C_p du produit de la marche moyenne par le nombre de jours qui séparent l'époque correspondante du milieu de l'année. Faisant alors la moyenne des nombres ainsi obtenus — je l'appelle *état moyen* — et la retranchant de chacun d'eux, j'obtiens les écarts à l'état moyen. J'ai effectué ce calcul pour chaque année, pendant laquelle la pendule n'avait subi aucun nettoyage ou aucune retouche.

Il est inutile de reproduire tous les tableaux que j'ai ainsi calculés; les graphiques ci-joints suffisent.

Ces courbes présentent toutes un premier maximum vers la période 10, un second maximum entre les périodes 20 et 25, puis un minimum autour de la période 32. Chaque année, la pendule retarde donc par rapport à la marche moyenne annuelle jusque vers le 10 avril. Du 10 avril au 11 septembre, elle est sujette à une série de fluctuations assez indécises, puis à partir du 11 septembre, la pendule avance sur la marche moyenne jusque vers la fin de l'année.

En vue d'éliminer les causes fortuites de perturbations, je fais la moyenne des 12 séries de 36 nombres obtenus et j'obtiens une série de nombres qui permettent de tracer la courbe moyenne régulière de la figure.

Elle est représentée par la formule

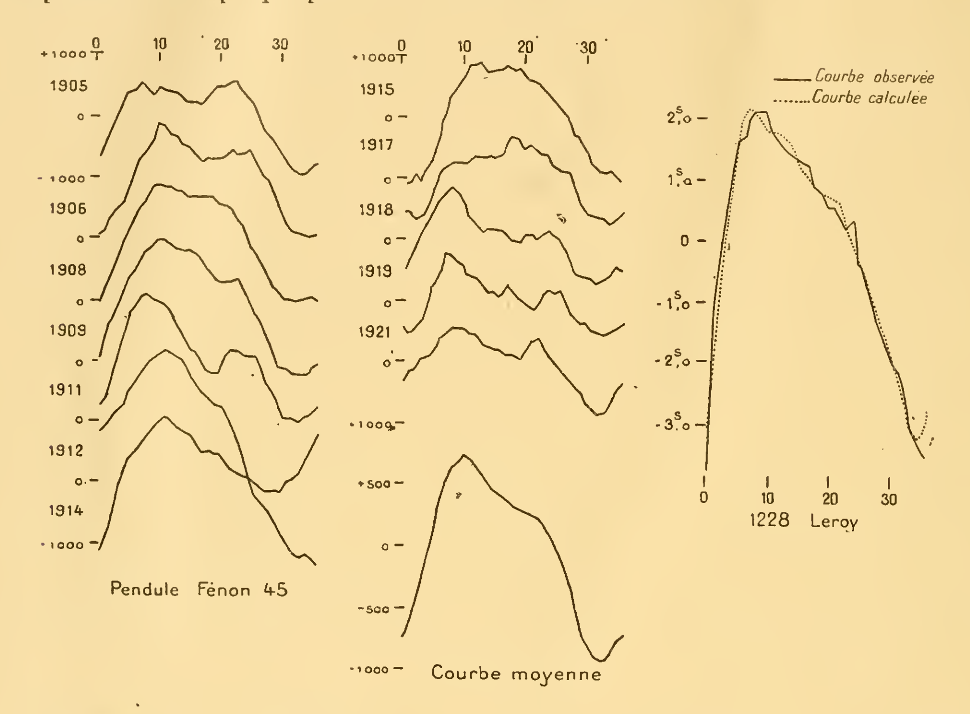
$$7^s{,}15\cos(t-139^\circ{,}5)+2^s{,}59\cos(2t-143^\circ{,}0). \tag{1}$$

La pendule 45 étant soumise aux variations de la température, on devait s'attendre à ce que la courbe des écarts ait une allure périodique; mais si la température était seule en cause, cette courbe devrait présenter son maximum et son minimum vers les époques où se produisent le maximum et le minimum de température. Cela a lieu pour le minimum, mais il n'en est pas de même pour le premier maximum qui se produit près de 50 jours avant le maximum de température que l'on peut fixer, au plus tôt, au début de juillet.

Je ne m'arrête pas non plus à la pression atmosphérique dont les moyennes pour 12 années ne révéleraient pas une périodicité aussi nettement accusée.

De plus, les termes en $2t$ de la formule représentative semblent corres-

pondre à une réalité, puisque ce sont eux qui donnent aux diverses courbes l'allure particulière qu'elles présentent toutes entre les périodes 10 et 25. La température n'explique pas l'introduction de ces termes.



S'il existe une cause de variation périodique autre que la température et la pression, elle devra pouvoir être mise en évidence par l'étude de pendules soustraites à ces influences.

J'ai effectué le même calcul, mais en me bornant à une année, pour la pendule 1228 Leroy, placée dans les caves de l'Observatoire de Paris, dont les C_p ont été publiés par M. Bigourdan, dans « Corrections des signaux horaires pour l'année 1920 ».

Les écarts à l'état moyen sont représentés par la formule

$$2^s,15\cos(t-132°,2)+0^s,96\cos(2t-139°,6)$$
$$+0^s,41\cos(3t-159°,3)+0^s,25\cos(4t-174°,0).$$

La valeur moyenne des résidus est un peu plus élevée que précédemment; elle atteint $\pm 0^s,15$.

Il semble suffisamment établi que les pendules éprouvent une variation périodique annuelle. On peut calculer les coefficients et les phases des termes périodiques. La décroissance régulière de ces coefficients, la faible valeur des résidus indiquent bien que ce n'est pas un vain jeu de nombres.

ASTRONOMIE. — *Observations de la comète Baade, faites à l'Observatoire de Paris (équatorial de l'Est).* Note de M. **Giacobini**, présentée par M. B. Baillaud.

Dates. 1922.	Temps moyen de Paris.	ΔR.	ΔD.	Nombre de compar.	R apparente.	Log. fact. parallaxe.	D apparente.	Log. fact. parall.
	h m s	m s	′ ″		h m s		° ′ ″	
Oct. 23..	7.41.54	—0,38,15	—3.35,5	12:10	19.55. 7,05	$\bar{1}$,360	+36.40.56,3	0,351
» 24..	6.37. 7	—0,38,32	+1.33,0	12:10	19.57.15,52	$\bar{1}$,010	+36.24.33,7	0,291
» 25..	6.36.53	+2.11,23	—5.15,4	9:6	19.59.31,14	$\bar{1}$,045	+36. 7.12,8	0,322

Positions moyennes des étoiles de comparaison.

★.	Gr.	R moyenne pour 1922,0.	Réduction au jour.	D moyenne pour 1922,0.	Réduction au jour.	Autorités.
		h m s	s	° ′ ″	″	
1..........	8,6	19.55.43,37	+1,83	+36 43.59,2	+32,6	Lund. 8898
2..........	6,8	19.57.52,02	+1,82	+36.22.28,2	+32,5	Lund. 8930
3..........	7,0	19.57.18,10	+1,81	+36.11.55,7	+32,5	Lund. 8920

Remarques. — Pour l'étoile n° 2, il a été tenu compte d'un mouvement propre de

$$\mu = +\,0^s,0035, \qquad \mu' = +\,0'',07.$$

La comète est faible, d'une étendue de 10″ environ, avec un noyau de 12e grandeur environ.

ASTRONOMIE. — *Observations de la comète Baade* (1922 *c*), *faites à l'équatorial coudé de l'Observatoire de Besançon.* Note de M. P. **Chofardet**, transmise par M. B. Baillaud.

Dates. 1922.	Temps moyen de Besançon.	ΔA.	ΔP.	Nombre de compar.	Ascension droite apparente.	Log. fact. parallaxe.	Dist. polaire apparente.	Log. fact. parallaxe.
	h m s	m s	′ ″		h m s		° ′ ″	
Oct. 24...	6.25.37	—0.40,68	— 1.49,7	9:6	19.57.13,02	8,911	53.35.35,8	$0,223_n$
» 24...	7.25.26	—0.35,05	— 1. 6,5	9:6	19.57.18,65	9,312	53.36.19,0	$0,289_n$

Positions moyennes de l'étoile de comparaison.

★.	Gr.	A 1922,0.	Réduction au jour.	P 1922,0.	Réduction au jour.	Autorités.
		h m s	s	° ′ ″	″	
a..............	6,8	19.57.51,86	+1,84	53.37.58,0	—32,5	A.G. Lund, 8930.

Remarque. — La comète, de 11e grandeur, petite mais bien observable, a une tête ronde, large au plus de 20″ à 25″, et un noyau central; la chevelure semble vaguement s'allonger vers l'Est.

ASTRONOMIE. — *Observations de la comète Baade, faites à l'équatorial coudé de l'Observatoire de Nice.* Note de M. A. **Schaumasse**, présentée par M. B. Baillaud.

Dates 1922.	Temps moyen de Nice.	ΔꝜ.	ΔⲰ.	Nombre de compar.	Ꝝ apparente.	Log. fact. parall.	Déclinaison apparente.	Log. fact. parall.	⋆.
	h m s	m s	′ ″		h m s		° ′ ″		
Oct. 23......	11.25.56	−0.19,10	−6. 3,5	18:10	19.55.26,11	9,723	+36.38.28,4	0,654	1
» 26......	10.35.32	+1.31,27	−1.33,3	15:10	20. 2. 7,84	9,702	+35.47.16,0	0,583	2
» 26......	10.53. 7	−1.20,44	+1. 7,4	15:10	20. 2. 9,30	9,711	+35.47. 4,3	0,614	3
» 27......	9. 9.59	+0.12,50	+0.58,2	18:10	20. 4.41,98	9,615	+35.31. 1,5	0,423	4

Positions des étoiles de comparaison.

⋆.		Grandeur.	Ꝝ moyenne 1922,0.	Réduction au jour.	Déclin. moyenne 1922,0.	Réduction au jour.	Autorités.
			h m s	s	° ′ ″	″	
1	3794+36	8,6	19.55.43,38	+1,83	+36.43.59,4	+32,5	A.G. Lund 8898
2	3930+35	7,0	20. 0.34,71	+1,86	+35.48.16,7	+32,6	A.G. Lund 8967
3	3959+35	5,7	20. 3.27,88	+1,86	+35.45.24,3	+32,6	L. Boss 5157
4	3970+35	7,7	20. 4.27,63	+1,85	+35.29.30,7	+32,6	A.G. Lund 9036

Remarques. — Octobre 23-26 : La comète de grandeur 10,5 est formée par une condensation diffuse, entourée d'une nébulosité de 1′,5 d'étendue, présentant un allongement dans la direction opposée au Soleil. — Octobre 27 : Lune, vent qui agite la lunette.

TOPOGRAPHIE. — *Sur un nouveau « Stéréo-autographe ».* Note de M. **Poivilliers**, présentée par M. Bigourdan.

Cet appareil est destiné au tracé automatique de tous les éléments de la carte, en partant de deux photographies distinctes du terrain, prises de points de vue quelconques et dans des directions également quelconques.

Les deux clichés sont placés respectivement dans deux chambres photographiques qui constituent une partie de l'appareil; ces deux chambres sont semblables entre elles et semblables à celles des appareils de prise de vue. Les clichés sont observés chacun à travers l'objectif même qui a servi à les prendre ou à travers un objectif identique. Ils occupent, par rapport à cet objectif, la même position qu'ils avaient au moment de leur impression. Un procédé simple d'autocollimation permet le montage et le réglage facile des objectifs sur les chambres. Ce mode d'observation élimine l'influence de la distorsion des objectifs de prise de vue.

Les deux photographies sont examinées dans l'appareil de telle façon que l'observateur ait, dans tous les cas, une image stéréoscopique du terrain, par rapport à laquelle il peut faire déplacer un index mobile à l'aide d'un système de trois manivelles. Un dispositif enregistreur relié au mécanisme de commande trace automatiquement la projection orthogonale ou oblique, sur un plan arbitraire de comparaison, des courbes de l'espace décrites par l'index.

L'examen stéréoscopique se fait au moyen d'une lunette double dont les oculaires sont fixes et dont les deux branches sont coudées de façon semblable et peuvent basculer individuellement autour d'un axe horizontal; les deux branches de la lunette visent dans deux plans verticaux parallèles. Chaque chambre tourne autour d'un axe vertical situé dans le plan d'observation correspondant. Dans le but d'éliminer les erreurs pouvant résulter de l'emploi de pupilles différentes en position et en grandeur, les axes de rotation et de bascule passent sensiblement par le centre de la pupille d'entrée.

Un dispositif correcteur, de type connu, placé dans chaque branche de la lunette, corrige automatiquement la rotation des images et assure la persistance de l'impression stéréoscopique. L'index de visée est reporté en avant de ce dispositif correcteur, dans le sens de marche des rayons lumineux, de façon à supprimer les erreurs pouvant provenir des imperfections mécaniques ou optiques de ce dispositif.

Le double mouvement de rotation des chambres et de bascule des branches de la lunette est assuré à l'aide d'un mécanisme de commande qui porte le stylet traceur. Ce mécanisme se compose d'un pont parallèle à l'axe de bascule des branches de la lunette et mobile en profondeur. Ce pont possède deux chemins de roulement superposés, sur chacun desquels roule un chariot portant deux galets; les distances mutuelles de ces galets sont fonction, pour l'un des chariots, de la distance horizontale de prise de vue, et pour l'autre chariot de leur distance verticale.

Un système de quatre règles horizontales, pivotant chacune autour d'axes verticaux fixes, situés à égale distance du pont, s'appuie sur ces galets. Les deux règles, qui s'appuient respectivement sur les galets du premier chariot, matérialisent, dans leur plan, les angles d'azimut correspondant à un point A quelconque de l'espace. Les deux autres règles, qui s'appuient chacune sur un des galets du second chariot, matérialisent, dans leur plan et par rapport à l'axe du pont, les projections sur un plan de profil des lignes de visée correspondant au même point A. Les coordonnées de ce

point A peuvent être lues sur l'appareil; les coordonnées horizontales sont fournies par l'éloignement du pont de la ligne des centres des règles et par la position du premier chariot sur le pont et l'altitude du même point A par la position du second chariot. Les variations angulaires de ces règles sont transmises soit à la lunette, soit aux chambres.

La transmission aux chambres s'effectue directement, c'est-à-dire que chaque chambre tourne du même angle que la règle correspondante. Cet angle peut être l'angle d'azimut ou celui des hauteurs; pour des raisons de précision, il est préférable de choisir ce dernier dans le cas des levés topographiques. L'autre angle est transmis à la lunette par l'intermédiaire d'un relais mécanique formé exclusivement de glissières rectilignes. Ce relais résout d'une façon automatique le problème de la détermination d'un angle dont on connaît la projection sur un plan parallèle à l'un de ses côtés, et le rectiligne du dièdre formé par le plan de l'angle et le plan de projection.

Trois manivelles, dont une se manœuvrant au pied, assurent le déplacement du pont et le déplacement latéral des deux chariots qu'il porte. Ces déplacements entraînent la rotation des règles dont le mouvement se transmet aux chambres et aux branches coudées de la lunette. L'opérateur voit défiler dans les oculaires une image stéréoscopique du terrain, il a l'impression de contact de l'index stéréoscopique avec le terrain au point A lorsque les deux branches de la lunette visent, sur chaque plaque, l'image de ce point. Un stylet traceur fixé au premier chariot enregistre automatiquement la position du point A; les angles de visée peuvent être lus à l'aide de cercles réitérateurs portés par les chambres et les branches de la lunette double.

Des dispositifs auxiliaires permettent le tracé des coupes de terrain, l'emploi de photographies à axe vertical, et enfin le tracé des projections obliques destinées à fournir une carte stéréoscopique.

La mise en place des clichés peut s'effectuer, même sans calculs préliminaires, si l'on connaît pour chacun d'eux les coordonnées de trois points identifiables. Ces coordonnées peuvent être obtenues soit par des travaux directs sur le terrain, soit par des mesures effectuées à l'aide de l'appareil lui-même sur des clichés précédemment mis en place.

En résumé, cet appareil utilise n'importe quelle photographie terrestre ou aérienne et il permet de tracer dans tous les cas la planimétrie, les courbes de niveau et les coupes de terrain à n'importe quelle échelle. Il permet de faire du cheminement photographique.

ÉLECTRO-OPTIQUE. — *Sur les analogies de structure entre les séries optiques et les séries de Röntgen.* Note de MM. **Louis de Broglie** et **A. Dauvillier**, présentée par M. E. Bouty.

Dans une précédente Note (¹) nous avons attribué à chaque niveau intra-atomique trois nombres de quanta m_1, m_2 et m_3 (nombre équatorial, nombre radial et nombre de latitude). Leur somme définit le groupe (ou la couche) auquel le niveau appartient :

$$m_1 + m_2 + m_3 = 1 \quad \text{(groupe K)},$$
$$m_1 + m_2 + m_3 = 2 \quad \text{(groupe L)},$$
$$\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots$$

La somme $m_1 + m_3$ est importante à considérer pour le principe de sélection et définit des sous-groupes de niveaux à l'intérieur de chaque groupe.

Désignons par s les niveaux pour lesquels $m_1 + m_3 = 1$; il y a un niveau s dans chaque couche; par p les niveaux pour lesquels $m_1 + m_3 = 2$, il y en a deux par couche; par d les niveaux pour lesquels $m_1 + m_3 = 3$, il y en a trois par couche. Soit enfin b la lettre assignée aux niveaux tels que $m_1 + m_3 = 4$, au nombre de quatre par groupe.

On voit, d'après le Tableau de notre précédente Note, que l'on doit attribuer

s	à	K	L_3	M_6	N_{10}	O_6	P_3
p	à		$L_2 L_1$	$M_5 M_4$	$N_9 N_8$	$O_5 O_4$	$P_2 P_1$
d	à			$M_3 M_2 M_1$	$N_7 N_6 N_5$	$O_3 O_2 O_1$	
b	à				$N_4 N_3 N_2 N_1$		

On peut distinguer, dans la multiplicité des lignes du spectre X, quatre séries analogues aux séries principale, diffuse, étroite et de Bergmann, bien connues dans les spectres optiques (²).

1° La série représentée par la formule $(1, s) - (m, p)$ où $m = 2, 3, \dots$ est analogue à la série principale. C'est une série de doublets dont l'écartement se resserre quand la fréquence s'élève et dont la composante la plus intense est celle de plus petite longueur d'onde. C'est la série K dont voici la composition dans l'ordre croissant des fréquences :

$$\alpha' - \alpha, \quad \beta' - \beta, \quad \underbrace{\gamma' - \gamma}_{\text{non encore résolu}}, \quad \underbrace{\delta' - \delta, \quad \varepsilon' - \varepsilon}_{\text{non encore observés}}, \quad \text{limite K}.$$

(¹) Voir *Comptes rendus*, t. 175, 1922, p. 685.

(²) Nous suivons, pour la représentation des séries optiques, les notations de Ritz.

2° La série $(2, p) - (m, d)$ où $m = 3, 4, \ldots$ analogue à la série diffuse, est formée de doublets à écartement constant dont chaque composante est un triplet qui va en se resserrant. La composante la plus intense de chaque doublet est celle de grande longueur d'onde. Cette série est formée d'une portion de la série L dont voici l'énumération :

$$(\alpha_3 \alpha_1 \alpha_2) - (xx\beta_1), \quad (\beta_2''' \beta_2 \beta_2') - (xx\gamma_1), \quad (x\beta_5 x) - (xx\gamma_2), \quad \text{limites } L_1 - L_2.$$

3° La série $(2, p) - (m, s)$ où $m = 3, 4, \ldots$ analogue à la série étroite est une série de doublets à écartement constant et sans structure fine. La composante la plus intense est encore de plus grande longueur d'onde.

C'est une autre partie de la série L :

$$l - \eta, \quad \beta_6 - \gamma_5, \quad \beta_7 - \gamma_{11}, \quad \beta_5' - \gamma_2', \quad x - x, \quad \text{limites } L_1 - L_2.$$

4° La série de Bergmann $(3, d) - (m, b)$ où $m = 4, 5, \ldots$ est une série M qui comprend M_{α_1}, M_{α_2} et M_β. Elle possède une structure fine complexe qui explique l'aspect diffus des lignes de la série M.

5° Enfin la série $(2, s) - (m, p)$ où $m = 3, 4, \ldots$ non encore signalée en optique comprend des doublets analogues à ceux de la série K. Elle est formée des lignes L suivantes :

$$\beta_3 - \beta_4, \quad \gamma_3 - \gamma_7, \quad \gamma_4 \text{I} - \gamma_4 \text{II}, \quad \underbrace{\gamma_8 \text{I} - \gamma_8 \text{II}}_{\text{non résolu}}, \quad \text{limite } L_3.$$

Les autres lignes du spectre X ne cadrent pas avec le principe de sélection [1].

Il est à remarquer que, de même que dans les spectres optiques, l'intensité des composantes homologues diminue régulièrement dans une même série, à mesure que l'on se rapproche de la limite d'absorption.

On savait aussi depuis longtemps que, pour un même élément, la définition des lignes est, d'une façon générale, d'autant plus accentuée que la série à laquelle elles appartiennent est de plus haute fréquence. On aurait pu, de même qu'en optique, classer ainsi, d'une manière empirique et uniquement d'après leur aspect, les lignes Röntgen et retrouver les séries principale, diffuse et étroite.

---

(1) Parmi celles-ci, les lignes $\beta_9 \beta_8 \gamma_9 \gamma_{10} \beta_2'' \gamma_6$ et β_7' correspondaient à une variation de deux unités du quantum azimutal. Seule la ligne β_{11} correspondrait à une variation nulle. Seule aussi la ligne β_{10} observée, pour plusieurs éléments lourds, ne satisfait pas au principe de combinaison. Ce fait semble s'accentuer pour les éléments légers, l'un de nous ayant trouvé six lignes de ce genre dans les séries L du baryum en dehors des lignes d'ionisation.

Au point de vue de la théorie de Bohr, cette analogie de structure des séries optiques et des séries Röntgen s'explique par le fait que les niveaux internes K, L, M, etc. sont respectivement caractérisés par le même nombre total de quanta que les premiers niveaux virtuels extérieurs à la dernière couche électronique. Ces derniers niveaux sont en effet responsables des séries optiques.

MAGNÉTISME. — *Les effets axiaux du champ magnétique, analogues à ceux de Righi-Leduc et de Ettingshausen.* Note de M. A. **Sellerio**, présentée par M. E. Bouty.

Il y a presque une année (¹), en faisant connaître l'effet thermogalvanique *axial*, ou parallèle au champ magnétique, analogue à celui de Ettingshausen et Nernst (qui se manifeste dans un champ magnétique *transversal*), j'ai remarqué qu'on pouvait espérer de découvrir par la même méthode les analogues axiaux des effets transversaux :

thermo-thermique ou de Righi et Leduc

et

galvano-thermique ou de Ettingshausen,

déjà connus.

Cette recherche, conduite d'une manière tout à fait pareille à la précédente, quoique bien plus pénible — surtout à cause de la petitesse des effets recherchés — a donné un résultat affirmatif.

En laissant de côté toute particularité, je me borne à dire ici qu'aux deux électrodes C, D, des Notes citées (²), on a substitué, comme à l'ordinaire, les soudures de deux couples thermo-électriques reliées à un galvanomètre différentiel. Je me suis servi encore de la même plaque de bismuth qui — sans doute à cause d'une constitution cristalline très heureuse — s'était révélée singulièrement favorable aux phénomènes axiaux.

Pour présenter quelque exemple des données de l'expérience, j'ajouterai que l'effet thermo-thermique ($\equiv$ *rotation des isothermes*) avec plaque *parallèle* au champ a donné à peu près 1,17 microvolt $\equiv 0^\circ{,}09$ C (effet axial), tandis que, avec plaque *normale* au champ, l'effet (transversal, ou de Righi-Leduc) était 2,12 microvolts. Le premier était donc, dans la

(¹) *Comptes rendus*, t. 173, 1921, p. 974 et 1352.
(²) *Loc. cit.*

plaque étudiée, presque la moitié du second. De même, pour l'effet galvano-thermique, j'ai eu avec plaque parallèle au champ 2 microvolts environ (effet axial), et avec plaque normale, 5 microvolts (effet transversal ou de Ettingshausen).

Maintenant donc, le tableau des effets galvano ou thermomagnétiques axiaux (1), analogues aux quatre effets transversaux, est au complet.

PHOTOGRAPHIE. — *Une étude de la déformabilité de la couche photographique.* Note de M. **Carl Bededicks**.

Parmi quelques plaques, exposées pendant l'éclipse totale de 1914 (2) il y en avait une sur laquelle, par une fausse manœuvre, l'image du Soleil était localisée près du bord de la plaque. Quelque temps après, sans aucune cause extérieure, une fissure a pris naissance au bord de la plaque et, s'étant approchée de l'image du Soleil, en a très nettement suivi le contour. Si, comme le fait voir ce fait inattendu, la lumière du Soleil (au moment de la réapparition du disque solaire) peut causer un effet aussi considérable, on peut craindre qu'elle ne puisse causer une déformation de la couche sensible, qui ne pourra pas être négligée lorsqu'il s'agit de mesures aussi délicates que celles qui sont nécessaires pour vérifier la déviation de la lumière en passant par le champ de gravité du Soleil. Les astronomes ont constaté que, généralement, la déformation de la couche sensible est assez petite pour ce qui est de plaques ordinaires photogrammétriques des étoiles (3). Or la grande quantité de lumière provenant de la couronne, tombant sur une surface considérable, pourrait bien avoir une influence sensible. N'ayant pu trouver de renseignements à cet égard, j'ai exécuté l'essai suivant.

Une plaque de verre ordinaire $13^{cm} \times 18^{cm}$ a été exposée pendant une quinzaine de secondes à la poudre de bitume excessivement fine, en suspension dans l'air, dans un appareil employé pour la photogravure.

On a fait l'addition de quelques particules dispersées plus grandes pour

(1) Le premier de ces effets a été annoncé par le professeur La Rosa et moi (*Comptes rendus*, t. 170, 1920, p. 1447).

(2). C. Benedicks et I. Fredholm, *Arkiv f. mathematik, astronomi o. fysik*, Stockholm, 1915, 10, n° 24.

(3) Ö. Bergstrand, *Öfversikt af K. Svenska Vet.-Akad. Förhandl.* Stockholm, 1900, n° 2.

faciliter l'orientation. La plaque a été légèrement chauffée, pour assurer l'adhésion des particules; elle a été photographiée sur une plaque rodée, au collodion (humide). Le négatif ainsi obtenu, donnant une multitude de taches blanches minimes et très nettes, a été copié sur une plaque diapositive. Au moyen d'un papier noir muni d'un trou, un cercle de 20^{mm} de diamètre a été exposé au centre de la plaque. Cette plaque positive, développée (méthol-hydroquinone) et séchée, a été mise en contact avec le négatif, dans un appareil qui permettait, par une vis d'ajustage (rotation) et deux vis micrométriques (translation), d'obtenir une coïncidence absolue des deux images. Grâce à la superposition du négatif au positif, l'arrangement est excessivement sensible à un faible dérangement. On obtenait, avec des ressources très simples, une précision de lecture de $\pm 0^{mm},002$ environ. Le microscope (grossissant 100 diamètres) était mis au point un peu au-dessus des couches de gélatine, ce qui facilitait la lecture.

Si le cercle noir avait causé une déformation notable, la coïncidence aurait été sensiblement dérangée autour du cercle. J'ai pu constater que la grandeur de cette déformation ne surpassait pas $\pm 0^{mm},002$ environ. Avec un objectif à la distance focale de 19 pieds (comme celui employé en 1919 à Sobral), l'erreur résultante ne dépasserait pas $\pm 0'',07$; il va sans dire que l'erreur véritable pourra être bien au-dessous de cette valeur.

Il me paraît indispensable toutefois, lorsqu'il s'agit d'obtenir la plus haute précision, qu'on exécute des déterminations plus précises; la méthode employée dans ce qui précède pourrait facilement être rendue plus exacte à condition de disposer d'appareils de précision (1).

En somme, si la cause d'erreur signalée a été trouvée moins sérieuse qu'on n'aurait pu le soupçonner, elle demande tout de même une étude détaillée faite avec des ressources de haute précision.

Remarquons encore, comme un résultat de l'étude qui précède, que la précision de lecture d'un pinceau lumineux peut être considérablement augmentée en photographiant le point lumineux sur une plaque diapositive donnant de bons contrastes; si l'on munit ce négatif d'un mouvement micrométrique, la lecture peut être effectuée avec une précision qui dépasse de beaucoup la définition du point lumineux.

---

(1) M. A. Roth vient d'attirer mon attention sur un travail de F. E. Ross (*Abridg. Sci. Publ. from the Research Labor.*, Rochester, Eastman Kodak Co, 1919, p. 128; *The Astrophysical Journal*, t. 53, 1921, p. 349) discuté par L. Silberstein, *Monthly Notices of the Royal Astron. Soc.*, t. 8, 1920, p. 630. — Des déformations y sont nettement constatées; la méthode que je viens d'indiquer rendrait peut-être de bons services pour ce qui est de l'étude approfondie.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur le degré de polymérisation moléculaire des corps à l'état critique.* Note de M. **J.-A. Muller**, présentée par M. A. Haller.

On sait qu'à l'état critique la pression réelle d'un gaz est égale à quatre fois la pression manométrique P_c; sous cette pression réelle et à la température critique T_c, le volume moléculaire d'un gaz parfait, — dont toutes les molécules sont simples, — serait, en unités C.G.S., égal à

$$V'_c = \frac{8,315.10^7 \times T_c}{4 P_c},$$

$8,315.10^7$ étant la valeur de la constante moléculaire R des gaz parfaits.

Corps.	Formule.	Valeur de n.	Corps.	Formule.	Valeur de n.
Hélium	He	0,923	Méthanol	CH^4O	1,707
Argon	A	1,285	Éthanol	C^2H^6O	1,507
Xénon	X	1,358	Propanol-1	C^3H^8O	1,499
Hydrogène	H^2	1,227	Chlorure de méthyle	CH^3Cl	1,425
Oxygène	O^2	1,283	Tétrachlor. de carbone	CCl^4	1,380
Azote	N^2	1,285	Fluorobenzène	C^6H^5F	1,423
Chlore	Cl^2	1,363	Chlorobenzène	C^6H^5Cl	1,416
Eau	H^2O	1,840	Bromobenzène	C^6H^5Br	1,429
Protoxyde d'azote	N^2O	1,359	Iodobenzène	C^6H^5I	1,418
Gaz ammoniac	NH^3	1,543	Oxyde d'éthyle	$C^4H^{10}O$	1,430
Oxyde de carbone	CO	1,328	Formiate de méthyle	$C^2H^4O^2$	1,470
Anhydride carbonique	CO^2	1,351	— d'éthyle	$C^3H^6O^2$	1,461
Tétrachlorure d'étain	$SnCl^4$	1,404	— de prop. norm.	$C^4H^8O^2$	1,451
Méthane	CH^4	1,300	Acétate de méthyle	$C^3H^6O^2$	1,479
Pentane normal	C^5H^{12}	1,412	— d'éthyle	$C^4H^8O^2$	1,481
Méthylbutane	C^5H^{12}	1,400	— de propyle norm.	$C^5H^{10}O^2$	1,476
Hexane normal	C^6H^{14}	1,437	Propionate de méthyle	$C^4H^8O^2$	1,465
Diméthylbutane	C^6H^{14}	1,403	— d'éthyle	$C^5H^{10}O^2$	1,471
Heptane normal	C^7H^{16}	1,445	Butyrate de méthyle	$C^5H^{10}O^2$	1,464
Octane normal	C^8H^{18}	1,450	Isobutyrate de méthyle	$C^5H^{10}O^2$	1,449
Diisobutyle	C^8H^{18}	1,429	Acide acétique	$C^2H^4O^2$	1,872
Cyclohexane	C^6H^{12}	1,390	Acétonitrile	C^2H^3N	2,025
Benzène	C^6H^6	1,408	Propionitrile	C^3H^5N	1,825

D'autre part, l'espace libre correspondant à la masse moléculaire du corps à l'état critique est, en désignant par V_c le volume moléculaire critique, égal à $\frac{2}{3}V_c$. Il en résulte que le *degré moyen* de polymérisation molé-

culaire a pour expression

$$n = \frac{V'_c}{\frac{2}{3}V_c} = \frac{3}{8} \cdot \frac{8,315.10^7 \times T_c}{P_c V_c}.$$

A l'aide des constantes relatives à l'état critique, données dans l'*Annuaire, pour l'an* 1922, *du Bureau des Longitudes*, on a calculé les valeurs de n pour un certain nombre de corps simples et de corps composés. Ces valeurs sont consignées sur le Tableau ci-contre :

L'inspection de ce Tableau montre qu'à l'état critique, tous les corps, sauf l'hélium, contiennent des molécules polymérisées, mais que ceux de ces corps qui, à la température ordinaire et à une pression voisine de la pression atmosphérique, jouent le rôle de gaz presque parfaits ont, déjà à l'état critique, un degré moyen de polymérisation peu élevé.

En ce qui concerne les composés organiques examinés, on voit que les hydrocarbures liquides et les dérivés monohalogénés du benzène ont un degré de polymérisation compris entre 1,39 et 1,45, alors que celui des éthers saturés des acides gras monobasiques varie moins et se trouve compris entre 1,45 et 1,48, tandis que les valeurs de n concernant les alcools sont plus élevées. Enfin les nitriles ont, comme l'eau et l'acide acétique, un degré moyen de polymérisation voisin de 2.

L'influence de l'isomérie sur le degré de polymérisation à l'état critique est peu sensible, quand il s'agit de corps ayant même fonction chimique; en particulier, en ce qui concerne les éthers-sels, on voit que l'acétate de propyle normal et le propionate de méthyle, dont les constitutions sont nettement différentes, ont sensiblement le même degré moyen de polymérisation à l'état critique.

Il y a lieu de remarquer qu'on a

$$n = \frac{R}{R_c},$$

R étant la constante moléculaire des gaz parfaits et R_c celle du gaz considéré à l'état critique, constante qui est égale à $\frac{8}{3}\frac{P_c V_c}{T_c}$.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Action de l'acide borique sur la mannite en solution alcaline.* Note [1] de M. **René Dubrisay**, présentée par M. Henry Le Chatelier.

L'application d'une méthode d'analyse physico-chimique, basée sur la détermination des températures de miscibilité, m'avait montré que l'action de l'acide borique sur divers corps à plusieurs fonctions alcooliques était particulièrement nette dans le cas de la mannite en présence d'alcali [2]. Je me suis proposé de préciser ces résultats en suivant la réaction par l'étude des variations de plusieurs propriétés physiques différentes. Dans ce but, à des volumes égaux d'une solution contenant des proportions équivalentes d'acide borique et de soude, j'ajoutais des quantités croissantes de mannite. Sur les liqueurs ainsi obtenues, je mesurais successivement : 1° la température de miscibilité avec le phénol; 2° le pouvoir rotatoire; 3° la tension superficielle vis-à-vis d'une solution d'acide oléique dans la benzine. Cette dernière mesure, effectuée par la méthode du poids de la goutte, permet comme je l'ai montré antérieurement [3] de suivre avec beaucoup de précision la proportion d'alcali libre existant en solution. Comme dans le cas actuel les quantités d'acide borique et de soude sont invariables, on peut regarder la soude libre et par suite le nombre de gouttes comme donnant une mesure de l'acide borique non combiné à la mannite.

Les résultats sont consignés dans les Tableaux suivants :

C, rapport du nombre de molécules de mannite au nombre de molécules d'acide borique;

T, température de miscibilité avec le phénol;

α, rotation observée à température ordinaire (lumière du sodium);

N, nombre de gouttes correspondant à l'écoulement de 1^{cm^3} de solution benzénique.

---

[1] Séance du 23 octobre 1922.

[2] René Dubrisay, *Comptes rendus*, t. 173, 1921; *Annales de Chimie*, janvier 1922.

[3] René Dubrisay, *Annales de Chimie*, janvier-février, 1918.

1° *Solutions contenant par litre $\frac{1}{10}$ de molécule* BO^3H^3 *et* $\frac{1}{10}$ *de molécule* NaOH.

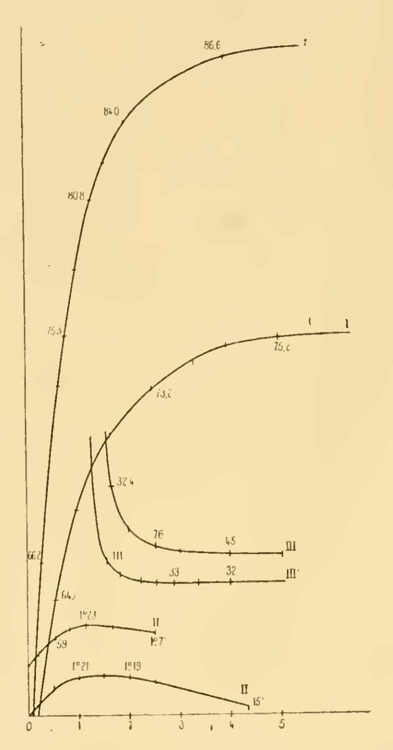
C.	T(I).	α(II).	N(III).	
		° ′		
0.........	55,0	0.00	»	Solutions basiques à la phtaléine.
0,233.....	60,8	»	»	
0,500.....	»	0.58	»	
0,555.....	64,7	»	»	
1,000.....	68,3	1.21	»	
1,250.....	69,9	»	»	
1,500.....	»	1.20	»	
1,666.....	71,3	»	324	
2,000.....	»	1.19	135	
2,500.....	73,2	1. 7	78	Solutions neutres à la phtaléine.
3,000.....	»	»	67	
3,333.....	74,2	»	»	
4,000.....	74,9	»	45	
4,333.....	»	0.15	»	
5,000.....	75,2	»	45	

2° *Solutions contenant par litre $\frac{1}{5}$ de molécule* BO^3H^3 *et* $\frac{1}{5}$ *de molécule* NaOH.

C.	T(I′).	α(II′).	N(III′).
		° ′	
0,000...........................	53,8	0. 0	»
0,200...........................	»	0.29	»
0,285...........................	66,2	»	»
0,545...........................	»	0.59	»
0,666...........................	73,3	»	»
0,800...........................	75,3	»	»
0,833...........................	»	1.15	»
1,000...........................	78,0	»	»
1,155...........................	»	1.23	»
1,330...........................	80,8	»	»
1,530...........................	»	»	111
1,600...........................	82,3	»	»
1,666...........................	»	1.18	»
1,800...........................	»	»	63
2,000...........................	84,0	»	»
2,200...........................	»	»	41
2,500...........................	»	1. 7	37
2,660...........................	85,3	»	»
2,850...........................	»	»	33
3,333...........................	»	»	32
4,000...........................	86,6	»	32

On a représenté ces résultats sur la figure ci-après, en portant en

abscisses les valeurs de C et en ordonnées les valeur s de T, α et N respectivement sur les courbes I et I′, II et II′, III et III′.



Les réactions qui s'accomplissent au sein des solutions étudiées sont toujours incomplètes. En effet, aucun angle net n'apparaît sur les courbes. En outre, le nombre de gouttes observé dans les mesures capillaires est au minimum de 32, alors que la même pipette et la même solution benzénique donnaient 16 gouttes dans l'eau distillée. Il subsiste donc toujours une certaine quantité de soude libre, et, par suite, d'acide borique non combiné.

D'autre part, lorsque la proportion de mannite augmente, la quantité d'alcali libre diminue constamment (courbes III et III′); au contraire la rotation commence à augmenter, puis reste à peu près invariable, puis diminue. Ces faits semblent pouvoir être interprétés en admettant l'existence d'au moins deux combinaisons distinctes de mannite, d'acide borique et de soude, la plus riche en acide borique ayant le pouvoir rotatoire le plus élevé.

Les changements d'allure des courbes I et III se produisent dans les mêmes régions du plan; mais, ainsi qu'il a été dit, il n'apparaît pas d'angle assez net pour qu'il soit légitime de préciser la composition des combinaisons formées.

CHIMIE ANALYTIQUE. — *Sur le dosage des carbonates alcalins en présence de la phtaléine du phénol.* Note de M. **Bonnier**, présentée par M. H. Le Chatelier.

Un certain nombre de méthodes de dosage du carbone dans les aciers consistent à transformer le carbone en acide carbonique que l'on fait absorber par une solution titrée de soude. On a ensuite à effectuer un dosage volumétrique de carbonate alcalin en présence d'hydroxyde. Warder a indiqué un procédé de titrage (¹), en présence de phénolphtaléine; le virage se produit quand le carbonate est transformé en bicarbonate. Winkler a indiqué un autre procédé (²) dans lequel on commence par précipiter le carbonate alcalin par un excès de $BaCl^2$. On obtient alors le virage quand la soude en excès a été neutralisée.

Ces deux procédés ont l'inconvénient de donner un virage progressif peu net.

La présente Note a pour but de rechercher les facteurs dont dépend ce virage et les conditions qui donnent le maximum de précision.

Soit d'abord la méthode de Warder.

Le bicarbonate formé est peu stable, et l'on peut le montrer par les expériences suivantes, portant sur une solution de carbonate qu'on a juste virée.

a. Si l'on abandonne la solution à elle-même, la coloration rose reparaît, d'autant plus vite que la solution est plus concentrée.

b. Si l'on agite violemment la solution, ou si l'on y fait barboter un fort courant d'air, la couleur rose réapparaît; elle disparaît à nouveau si l'on souffle dans le liquide un gaz chargé de CO^2.

c. Enfin, si le virage a été fait à 0°, la solution rosit en reprenant la température ordinaire. Le phénomène est réversible (cf. Treadwell).

Ces expériences mettent en évidence la réaction

$$2CO^3NaH = CO^3Na^2 + CO^3H^2,$$

CO^3Na^2 donnant, à son tour, avec l'eau,

$$CO^3Na^2 + H^2O = CO^3NaH + NaOH \quad \text{(coloration de la Ph).}$$

Ajoutons les réactions du titrage, qui sont :

$$SO^4H^2 + 2NaOH = SO^4Na^2 + 2H^2O$$

(¹) *Ann. Ch. Journal*, t. 3, 1881-1882, p. 55-58.

(²) *Traité d'Analyse quantitative* de Treadwell.

et

$$SO^4H^2 + 2CO^3Na^2 = 2CO^3NaH + SO^4Na^2.$$

Du moment qu'il s'agit d'équilibres, on peut examiner les facteurs suivants :

Titre des solutions employées;

Actions de masse;

Température;

Mode de versement;

Mode d'agitation.

Coloration initiale.

L'étude a porté sur des solutions à la concentration $\frac{N}{12}$, communément employée dans l'industrie. 1^{cm^3} d'acide correspond à 1^{mg} de carbone. La proportion de carbonate dans la soude n'a jamais dépassé la moitié.

L'examen systématique de l'influence des facteurs précédemment énumérés a conduit aux résultats suivants, valables pour les conditions usuelles des titrages en laboratoire industriel.

Sont sans influence :

1° L'action de masse : influence d'un excès de SO^4Na^2 dans la solution (0 à 300^{cm^3} d'une solution normale, ajoutés dans 20^{cm^3} de la liqueur d'essai).

2° La température (entre 11° et 30°).

3° Le mode d'agitation (douce ou violente).

Ont une influence, en commençant par le plus important :

1° *La coloration initiale.* — Son influence a déjà été signalée par Warder (*loc. cit.*). Théoriquement, il vaut mieux employer le moins d'indicateur possible; le maximum de précision est obtenu par une quantité d'indicateur la plus petite, à partir de laquelle la coloration est assez foncée pour qu'on puisse apprécier avec assez de certitude le passage au blanc.

Des essais sur une solution de carbonate sans soude, à la concentration $\frac{N}{100}$, ont donné, par exemple :

Pour 1^g de Ph.	Virage avec $15^{cm^3},8$
Pour 11^g de Ph.	» $16^{cm^3},3$

2° *Le mode de versement.* — Avec une solution $\frac{N}{120}$, moitié soude et moitié carbonate, on obtient :

En versant centimètre cube par centimètre cube et agitant chaque fois........................	Virage avec $15^{cm^3},8$
En versant 15^{cm^3} d'un coup, puis finissant goutte à goutte...........................	» $16^{cm^3},0$

3° *Dilution des solutions.* — M. Mestrezat (¹) a indiqué que le titrage se fait exactement « si l'on dilue suffisamment la prise d'essai par de l'eau bouillie, de façon à amener la proportion des carbonates alcalins à un taux inférieur à 0,07 pour 100 en CO^3Na^2 », soit un titre de $\frac{N}{75}$ environ. En reprenant ces essais, avec une coloration initiale constante, je suis arrivé à des dilutions un peu plus fortes, $\frac{N}{100}$ environ. Une solution moitié soude et moitié carbonate :

Étendus à $\frac{N}{60}$....................................	Vire avec $15^{cm^3},85$
» $\frac{N}{90}$....................................	» 15,8
» $\frac{N}{120}$....................................	» 15,8
» $\frac{N}{240}$....................................	» 15,8

Les conclusions pratiques à en tirer sont les suivantes :

Employer une solution de soude diluée à $\frac{N}{100}$, soit 50^{cm^3} NaOH $\frac{N}{12}$, plus 550^{cm^3} d'eau ; y ajouter 6 gouttes de phtaléine. Verser l'acide centimètre cube par centimètre cube, en agitant chaque fois. Quand la teinte fléchit, verser goutte à goutte.

On obtient ainsi un dosage rapide, exact à deux gouttes près, soit $0^{cm^3},1$. Ceci correspond à $0^{mg},1$ de carbone.

Dans un acier contenant, par exemple, 0,10 pour 100 de carbone, après un dosage portant sur 1^g de métal, on ne connaît le deuxième chiffre à droite de la virgule qu'à une unité près. Et ceci, indépendamment des autres causes d'erreur (combustion incomplète, etc.).

La méthode de Winkler, excellente quand on opère sur des solutions concentrées, normales par exemple, donne avec les dilutions précédemment indiquées, $\left(\frac{N}{12}\right)$, un virage tout aussi progressif que dans la méthode de Warder, avec la complication du $BaCl^2$ en plus.

(¹) *Ann. Ch. analyt.*, 15 octobre 1918, p. 201.

CHIMIE ANALYTIQUE. — *Sur le rôle de l'oxyde chromique dans l'oxydation sulfochromique.* Note de M. **L.-J. Simon.**

Cross et Bevan qui ont proposé, dès 1888, l'emploi du mélange sulfochromique pour la détermination du carbone dans les matières sucrées ont pris soin, pour éviter des objections éventuelles, de faire sur de tels mélanges quelques essais à blanc. J'ai fait des essais analogues pour étayer les méthodes analytiques dont je poursuis l'étude ([1]). Qu'on me permette de rappeler que dans ces méthodes on chauffe la matière organique, progressivement, jusqu'à 100° avec un mélange d'acide sulfurique concentré (12^{cm^3} à 15^{cm^3}), et soit d'anhydride chromique (4^g), soit de chromate d'argent (12^g). On maintient cette température pendant quatre minutes, après quoi on fait la lecture du volume dégagé. Voici maintenant les faits :

1° Le mélange — acides sulfurique et chromique — peut être chauffé à 100° pendant une heure et même davantage, sans libération d'oxygène ;

2° Il en est de même pour une chauffe de quatre minutes à 110°;

3° A 120°, après quatre minutes, le dégagement devient très appréciable ;

4° Il semble qu'on n'ait pas vu *le rôle important du sesquioxyde de chrome* dans ce dégagement d'oxygène, et par voie de conséquence *dans le pouvoir oxydant à une température donnée des mélanges chromiques.*

Si l'on répète *en présence d'alun de chrome* les essais à blanc, on observe un dégagement précoce d'oxygène, dépendant à la fois de la durée d'action et de la quantité d'alun.

Dans les nombreux résultats expérimentaux, je choisis les conclusions extrêmes :

1° Avec les proportions indiquées plus haut d'acide sulfurique et d'anhydride chromique, on n'observe de dégagement gazeux appréciable qu'en exagérant la dose d'oxyde ou la durée de chauffe : pour une durée de quatre minutes il faut employer 6^g d'alun et, d'autre part, avec $0^g,5$ d'alun il n'y a pas encore dégagement d'oxygène après vingt minutes. L'oxyde de chrome se comporte, quantitativement, comme l'alun si l'on fait état de la proportion d'oxyde que celui-ci renferme.

2° Si l'on consent à prolonger plus longtemps la durée de l'expérience,

([1]) *Comptes rendus*, t. 170, 1920, p. 514 et 734; t. 174, 1922, p. 1706; t, 175, 1922, p. 167 et 525.

l'acide sulfurique *peut décomposer totalement à* 100° *l'anhydride chromique*, à condition de l'additionner d'oxyde. En choisissant convenablement les proportions, on peut suivre assez loin la décomposition et la représenter assez bien par une formule parabolique telle que $v = \frac{at}{b+t}$. Dans cette formule, a, exprimé en centimètres cubes, représente le volume d'oxygène théoriquement libérable, et b, exprimé ainsi que t en heures, représente, comme dans toutes les formules de ce genre, le temps nécessaire à libérer la moitié de l'oxygène théorique. La valeur de b représente donc la vitesse de décomposition.

En employant 4^g d'anhydride chromique et 15^{cm^3} d'acide sulfurique avec respectivement 4^g et 2^g d'oxyde de chrome, on a réuni les observations dans les formules

$$v = \frac{670\,t}{8{,}5+t} \quad \text{et} \quad v = \frac{670\,t}{12{,}7+t}.$$

Réellement observé : environ 580^{cm^3} après 52 heures dans le premier cas et environ 560^{cm^3} après 65 heures dans le second.

La vitesse de dégagement dépend donc de la quantité d'oxyde : avec des doses plus élevées, on est vite limité par l'empâtement de la masse; avec des doses plus faibles, l'action trop lente ne peut être poursuivie utilement. Pour ce cas, on observe un dégagement initial sensiblement proportionnel au temps et à la quantité d'oxyde.

Au bout d'une heure, on note :

	v.
	cm³
Avec $0^g,5$ d'oxyde	6,5
» 1 »	15
» 2 »	40
» 4 »	65

Ces expériences ont été répétées avec le mélange d'acide sulfurique et de chromate d'argent. Pour 15^{cm^3} d'acide sulfurique, 12^g de chromate et 4^g d'oxyde chromique, $v = \frac{600}{17{,}6+t}$: la vitesse de décomposition *est donc notablement ralentie par comparaison avec* CrO^3.

En dehors de l'intérêt qui s'attache à ces résultats relativement à l'emploi analytique de la méthode sulfochromique *à des températures supérieures à* 100°, il y a lieu d'en examiner quelques conséquences vis-à-vis des

méthodes dans lesquelles on s'impose de ne pas dépasser 100°. Examinons quelques cas particuliers :

Les homologues de l'acide acétique sont incomplètement brûlés en 4 minutes à 100° par le mélange d'acide sulfurique et d'anhydride chromique. Qu'arrivera-t-il si l'on prolonge la durée de chauffe?

L'expérience, faite sur l'acide propionique, répond que le dégagement gazeux se poursuit sans arrêt. Non seulement on atteint graduellement la valeur théorique, mais on la dépasse. Ce résultat est d'accord avec ce qui précède : l'oxyde de chrome formé d'abord provoque une oxydation plus complète de l'acide propionique et même l'apparition d'oxygène libre.

L'acide acétique lui-même est inattaquable dans les conditions normales d'application de la méthode, mais il n'en est plus de même si l'on fait intervenir l'oxyde de chrome. Suivant les modes cette circonstance surgit d'elle-même ou bien on peut la provoquer :

1° On peut produire cet oxyde au sein du mélange sulfochromique en employant celui-ci à brûler préalablement et complètement une substance oxydable *en quantité connue*.

2° On peut mélanger l'acide ou l'un de ses sels en *des proportions connues et différentes* avec des substances très oxydables telles que les acides formique et oxalique ou le méthylsulfate de potassium.

3° L'acide acétique peut résulter de l'oxydation incomplète d'une ubstance organique : acides homologues, alcools, acétines (*loc. cit.*), etc.

Dans toutes ces circonstances, l'acide acétique subit une oxydation partielle qui, dans certains cas, apparaît dans un rapport déterminé avec l'oxyde de chrome qui la provoque.

Le sesquioxyde de chrome joue donc dans l'oxydation sulfochromique un rôle important dont il faut tenir compte et dont il serait intéressant de démêler le mécanisme.

PALÉOBOTANIQUE. — *Sur les flores houillères de la Sarre.* Note [1] de M. **Paul Bertrand**, présentée par M. Ch. Barrois.

Sous la direction de MM. Ch. Barrois et G. Friedel et en collaboration avec notre collègue et ami, M. P. Pruvost, nous avons commencé, il y a

(1) Séance du 2 octobre 1922.

<table>
<tr>
<td>Couches inférieures d'Ottweiler
(Stéphanien).</td>
<td colspan="2">Zone à Pecopteris lamurensis Heer.
Flore de Rive-de-Gier.
Pecopt. arborescens Schl. — Callipteridium pteridium Schl.
P. polymorpha Brongn. — Sphenophyll. oblongifolium G. et K., etc
Extinction de Mixoneura ovata.
Disparition complète des Mariopteris.
Apparition de Leaia Bäntschiana Beyrich.</td>
</tr>
<tr>
<td colspan="3">Conglomérat de Holz.</td>
</tr>
<tr>
<td>Flambants supérieurs.</td>
<td colspan="2">Zone à Mixoneura ovata Hoffmann.
P. sarœfolia (cf: P. Röhli Stur) .... C [1]
P. (cf. Diplazites) longifolia (Brongn.) Stur C
Margaritopteris Coemansi Andræ .... C Etc.
Apparition d'espèces stéphaniennes :
Pecopt. unita Brongn..... AC — Odontopteris Reichi ...... R
P. Plückeneti Schl........ AC — Callipt. pteridium .... R
Persistance des Mariopteris du type muricata-nervosa.</td>
</tr>
<tr>
<td>Flambants inférieurs.</td>
<td colspan="2">Zone à Pecopteridium Defrancei Brongniart.
Diplotmema palmatum Schimper C
Sphenopteris Goldenbergi Andræ .... AC
Apparition de Pecopteris sarœfolia .... AC
» P. longifolia .... AC
» Margar. Coemansi.</td>
</tr>
<tr>
<td>Charbons gras
(y compris les couches de Rothell).</td>
<td>Zone supérieure à
Sphenopteris Sauveuri Crépin.
Sphen. quadridactylites Gutb.
Sphenopteris du groupe du chærophylloides Brongn.
———
Zone inférieure à
Sphenophyllum myriophyllum Crépin.
Linopteris neuropteroides Gutbier, forme major.... CC</td>
<td>Zone à
Neuropteris tenuifolia Schl.
N. Scheuchzeri Hoffm...... C
N. pseudogigantea Potonié, forme lingua........... CC
P. cf. pennæformis Brongn. CC
Sphen. cf. macilenta Potonié. C
Sphen furcata Brongn...... AC
Etc.</td>
</tr>
</table>

(1) CC, très commun; C, commun; AC, assez fréquent; R, rare.

deux ans, l'étude des flores fossiles du bassin houiller de la Sarre et de son prolongement sur le territoire français. Grâce à l'initiative du Service domanial des Mines de la Sarre et de son éminent Directeur général, M. Defline, les recherches détaillées et minutieuses, indispensables pour mener à bien ce travail, sont en cours; elles fourniront certainement une moisson de documents nouveaux, tant au point de vue géologique que paléontologique. A titre d'orientation générale, nous croyons devoir publier dès maintenant les résultats de nos premières recherches Nous avons condensé ces résultats dans un Tableau, qui donne très sommairement les caractères des principales flores houillères de la Sarre et leur répartition verticale ([1]).

PRINCIPALES CONCLUSIONS. — I. La zone à *Neuropteris tenuifolia* Schl. (assise des charbons gras) de la Sarre correspond à peu près à la zone à *N. tenuifolia* et *Linopteris sub-Brongniarti* Gr. E. (assise de Bruay) du Nord de la France ([2]).

II. La zone à *Pecopteridium Defrancei* Brongn. (flambants inférieurs) n'est pas représentée dans le Nord de la France, ni en Belgique, ni en Westphalie, ni dans le Gard.

III. La zone à *Mixoneura ovata* (flambants supérieurs) paraît correspondre exactement à la zone à *Mixoneura flexuosa* du Gard ([3]). Cette équivalence est corroborée par l'apparition de *Leaia Bäntschiana* Beyrich immé-

---

([1]) Les listes d'espèces caractéristiques des charbons gras, des flambants inférieurs et des flambants supérieurs, publiées par POTONIÉ, *in* LEPPLA, *Geol. Skizze des Saarbrücker Steinkohlengebirges*, 1904, reposent sur des mélanges d'échantillons provenant de zones différentes; elles donnent une impression tout à fait inexacte de la composition des flores successives.

H. Potonié a indiqué en 1902 (*Naturwiss. Wochenschr., neue Folge* I, n° 23) la subdivision des charbons gras en deux zones paléontologiques. Enfin, H. Potonié et W. Gothan ont indiqué très brièvement en 1913 (*Paläobotanisches Praktikum*, p. 146) la succession correcte des zones végétales dans les couches de Sarrebrück, savoir : 1. *Sphenophyllum myriophyllum*, à la base. — 2. *Sphenopteris Sauveuri.* — 3. *Pecopteris Defrancei.* — 4. *Neuropteris ovata* au sommet.

([2]) P. BERTRAND, *Les zones végétales du terrain houiller du Nord de la France* (*Comptes rendus*, t. 168, 1919, p. 780).

([3]) P. BERTRAND, *Succession normale des flores houillères dans le bassin houiller du Gard* (*Comptes rendus*, t. 170, 1920, p. 331).

diatement au-dessus de cette zone dans la Sarre, très au-dessus dans le Gard [1]. Toutefois, la composition des flores présente de part et d'autre des différences, que des études plus détaillées nous permettront de préciser.

IV. *Corollaire du paragraphe précédent.* — La série westphalienne est couronnée par une zone de 600^m à 1000^m d'épaisseur, caractérisée : 1° par l'abondance prodigieuse des *Mixoneura* du type *ovata* Hoffmann (*flexuosa* G^d Eury); 2° par la persistance des *Mariopteris* du type *muricata-nervosa*. Le début du Stéphanien est marqué : 1° par la réduction considérable et l'extinction des *Mixoneura*, cités plus haut; 2° par la disparition complète des *Mariopteris;* 3° par l'apparition de la *Leaia Bäntschiana*.

V. Les couches inférieures d'Ottweiler représentent la série de Rive-de-Gier ou la série supérieure de Molières dans le Gard (couches supérieures à couche XI). Elles renferment exactement la même flore ; elles sont caractérisées notamment par l'abondance de *P. lamurensis* (= *P. lamuriana* Heer) et de *P. arborescens* Schl.

OCÉANOGRAPHIE. — *Variations diurnes de la concentration en ions hydrogène de l'eau de mer littorale.* Note de M. R. Legendre, présentée par M. J.-L. Breton.

Il y a quelques années, j'avais étudié à diverses reprises [2], heure par heure, les variations diurnes de la densité, de la température et de la teneur en oxygène de l'eau de mer prise sur le rivage même, soit à Concarneau, soit à Arcachon. Ces données paraissaient nécessaires pour analyser divers phénomènes rythmiques présentés par certains animaux littoraux [3].

Depuis cette époque, une nouvelle notion est apparue en océanographie biologique, celle de la concentration en ions hydrogène de l'eau de mer.

On peut aujourd'hui la mesurer aisément par plusieurs méthodes et la représenter, selon la notation proposée par Sörensen et universellement

---

(1) D'après les études de M. P. Pruvost.

(2) R. Legendre (*Bull. Inst. océanogr.*, n° 111, 21 février 1908; n° 144, 30 juin 1909; n° 158, 30 janvier 1910).

(3) R. Legendre, *Les conditions de vie des animaux littoraux* (*Bull. Inst. gén. Psychol.*, 12e annee, 1912, p. 203-220).

adoptée par la valeur Pн, logarithme de la valeur inverse de cette concentration.

Cet été, à Concarneau, j'ai, à quatre reprises différentes, prélevé d'heure en heure de l'eau de mer à la côte, au même point que dans mes recherches précédentes, j'ai noté sa température et sa densité, dosé l'oxygène par la méthode de Lévy et Marboutin que j'avais déjà employée et mesuré le Pн par la méthode colorimétrique de Sörensen et Palitzsch [1].

Les quatre séries d'expériences, faites au mois de septembre, deux par marées de morte eau et deux par grandes marées, ont donné des résultats concordants.

Je ne donnerai ici que les observations d'une seule journée, les autres montrant des variations analogues..

Eau prise à Concarneau, à l'extrémité de la cale de la criée, le 15 septembre 1922, pendant une marée de morte eau (haute mer à $10^h 36^m$, $H = 36,5$; basse mer à $17^h 02^m$, $H = 17,5$). Mer calme; soleil presque constamment dans un ciel en partie nuageux; pression barométrique rapidement croissante, de $760^{mm},7$ à $766^{mm},7$ pendant la durée des observations.

Heure [2].	Température.	Densité [3].	Oxygène dissous.	Pн [4].
h	°		mg par litre	
7	13,6	1026,3	7,9	8,00
8	13,7	1026,2	8,1	7,99
9	13,75	1026,2	8,0	8,03
10	14,3	1026,2	8,2	8,06
11	14,4	1026,1	8,7	8,09
12	14,45	1026,1	9,2	8,16
13.45m	14,5	1026,2	9,6	8,16
15	14,55	1026,2	9,4	8,19
16	14,6	1026,1	9,9	8,19
17	14,35	1026,1	9,2	8,16
18	14,5	1026,2	9,1	8,14
19	14,2	1026,0	7,2	8,01

La difficulté de comparer à la lumière artificielle les couleurs employées pour la détermination des ions hydrogène ne permet pas de continuer des mesures après le crépuscule.

---

(1) Sven Palitzsch, *Détermination des ions hydrogène par la méthode colorimétrique* (*Bull. Inst. océanogr.*, n° 409, 5 avril 1922).

(2) Heure d'été, en avance d'une heure sur l'heure réelle.

(3) Densité sans correction.

(4) Pн avec correction de l'erreur de sels.

La concentration en ions H de l'eau de mer littorale varie donc pendant la journée. Le Pн passe par un maximum vers 3^h de l'après-midi; c'est-à-dire qu'à ce moment, la teneur en ions OH, l'alcalinité réelle est la plus grande. Le Pн diminue ensuite rapidement vers la fin du jour; il s'élève progressivement dans la matinée du lendemain.

Cette variation diurne est considérable, puisqu'une différence de Pн de 8,0 à 8,2 signifie que la concentration en ions OH est passée sensiblement de 1 à 1,6, soit une augmentation d'alcalinité réelle de plus de moitié.

On ne peut l'expliquer par les faibles oscillations de la densité qui, quand elles sont nettes, suivent le rythme de la marée et non celui du jour, ni par les variations de température, quoique synchrones de celles du Pн, puisqu'une augmentation de température de 1° n'ajoute que 0,01 au chiffre du Pн.

La relation avec la teneur en oxygène de l'eau est beaucoup plus frappante. Tous deux montrent des variations amples et synchrones; leurs variations se superposent presque rigoureusement. On peut d'ailleurs l'expliquer aisément par les phénomènes de photosynthèse que présentent à la lumière les grandes algues du fond et les petites du plankton. Le jour, tous ces végétaux consomment l'acide carbonique de l'eau (CO^2 dissous ou CO^2 des bicarbonates), diminuant ainsi la concentration en ions H de celle-ci, et ils dégagent de l'oxygène, augmentant la teneur de l'eau en ce gaz.

Au large, le plankton végétal est en quantité trop petite pour rompre l'équilibre de l'eau de mer, si l'on en juge par les nombreuses mesures du Pн qui ont déjà été faites sur plusieurs océans et qui le montrent constant aux diverses heures du jour sur de larges étendues.

Près de la côte, lorsque la profondeur devient assez faible pour que la lumière pénètre jusqu'au fond, celui-ci, si les autres conditions sont favorables, est couvert de grandes algues fixées. Elles ajoutent leur action de photosynthèse à celle des végétaux planktoniques et ont une activité suffisante pour faire varier l'équilibre de l'acide carbonique dans l'eau. De ces phénomènes de photosynthèse, variables avec l'éclairement, les mesures du Pн révèlent un des aspects dont l'autre est décelé par les dosages d'oxygène.

La baie de la Forêt, avec ses quelque 30^{km^2} de prairies sous-marines, forme un vaste champ d'assimilation chlorophyllienne dont l'activité se révèle dans les variations de teneur en oxygène et de concentration des ions H de l'eau qui baigne le port de Concarneau.

Si cette observation est nouvelle pour les côtes françaises, elle a déjà été faite en ces dernières années sur divers points du globe : par Gaarder, en 1917, dans les fjords de Norvège; par Mc. Clendon, en 1917, à Tortugas (Floride); par Gail, en 1919, et par Powers, en 1921, dans le Puget Sound (côte pacifique des États-Unis). C'est donc un phénomène général le long de toutes les côtes pourvues d'une abondante végétation marine.

Nul doute qu'il joue un rôle important dans la biologie des animaux de la zone littorale.

BIOLOGIE GÉNÉRALE. — *Dix ans de culture des Infusoires sans conjugaison.* Note de M. S. **Metalnikow**, présentée par M. F. Mesnil.

Un problème important qui peut être résolu par des expériences sur la multiplication des infusoires est celui de l'âge ou de l'immortalité du protoplasme cellulaire. La cellule peut-elle se multiplier et se diviser à l'infini, ou bien existe-t-il une certaine limite au delà de laquelle elle ne peut plus se diviser? Le phénomène des changements séniles menant à la mort naturelle se présente-t-il à un moment donné comme le croyait Maupas? La conjugaison est-elle le processus stimulant qui sauve la cellule de la dégénérescence et de la mort?

Telles étaient les questions qui, nous semblait-il, pouvaient être résolues par les expériences sur les cultures d'infusoires isolés.

Nos expériences sur les infusoires (*Paramœcium caudatum*) furent commencées en 1908.

Pendant les deux premières années, nous nous sommes appliqués aux expériences préparatoires. Ce n'est qu'en 1910 que nous parvînmes à perfectionner nos procédés et à trouver des infusoires plus résistants et mieux adaptés aux conditions du laboratoire. La forme primitive (provenant d'un petit étang des environs de Pétrograd) a donné naissance aux 20 cultures isolées qui se sont poursuivies jusqu'en l'année 1917; elles furent alors transportées à l'Université de Crimée par mon assistant, M. Galadjeff, qui les a entretenues jusqu'à présent. Ainsi ces cultures ont à peu près 15 ans. Pour le moment nous avons les données concernant la multiplication de ces infusoires pendant 10 ans (de juillet 1910 à octobre 1920).

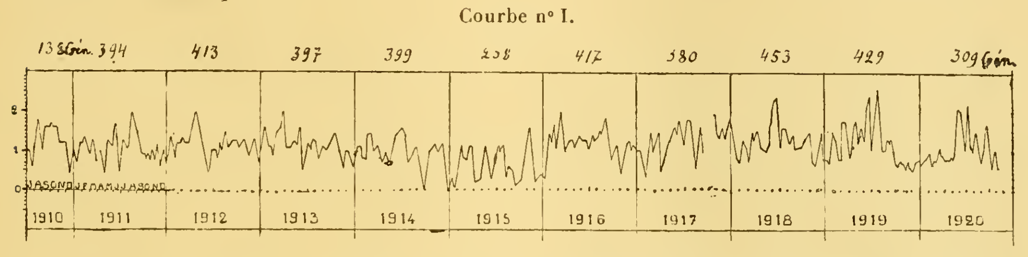
Pour l'élevage des infusoires, nous avons employé principalement les infusions de foin que nous avons préparées en soumettant à l'ébullition un ballon contenant 100^{cm^3}-200^{cm^3} d'eau et 1^g-2^g de foin. Outre l'infusion de

foin, nous avons employé une solution d'extrait de viande Liebig, si recommandée par Woodruff.

Pour empêcher les infusoires de se conjuguer, nous les avons mis, à mesure qu'ils naissaient, dans des cellules séparées. Comme cellules, nous avons employé des lames creuses dans lesquelles nous introduisions 3-8 gouttes de l'infusion de foin ou de quelqu'autre milieu nutritif. Le nombre des infusoires fut enregistré chaque jour. Tous les infusoires superflus furent rejetés ou mis dans une culture spécialement réservée ([1]).

Nous donnons ci-dessous la courbe de la rapidité de multiplication des infusoires sans conjugaison pendant 10 ans et 3 mois. La courbe représente les moyennes prises tous les 10 jours, de sorte que, pour chaque mois, nous obtenons trois points.

Courbe n° I.



Courbe générale montrant la rapidité de la multiplication des infusoires sans conjugaison pendant 10 ans. On a porté en abscisses les temps et en ordonnées le nombre de générations. (L'interruption de la courbe de 1917 est due à la perte d'une partie de nos documents.)

Nos expériences, comme celles de Woodruff ([2]), prouvent sans aucun doute qu'il n'existe aucun rapport entre la multiplication et l'âge de la culture, c'est-à-dire que la rapidité de la multiplication n'a pas diminué pendant les 10 années de la vie de la culture. La quantité totale de générations pour les 10 années est de 3967 (400 générations par année).

Nos expériences prouvent aussi que la conjugaison n'est point obligatoire; que la cellule, dépourvue de la possibilité de se conjuguer, ne dépérit pas par dégénérescence sénile, mais qu'elle se multiplie avec la même énergie qu'auparavant.

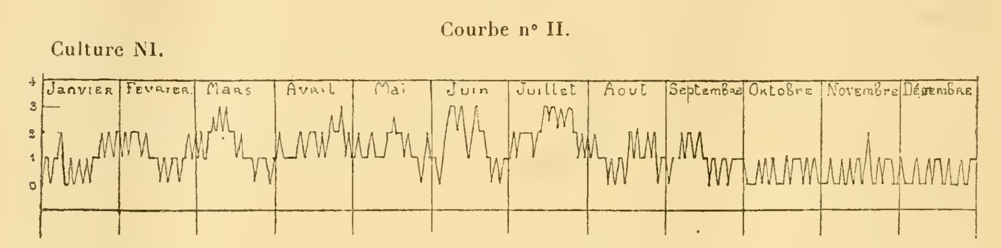
Ce qui frappe, en examinant cette courbe, ce sont les grandes oscillations de la rapidité de la multiplication. Pourtant ces oscillations,

---

([1]) *Ann. Inst. Pasteur*, t. 33, 1919.

([2]) *Arch. f. Protistenk.*, t. 21, 1911; *J. Experim. Zoöl.*, t. 11, 1911; *Proc. of Nation. Acad. Sciences*, vol. 7, 1921.

qu'indique la courbe construite avec les moyennes pour dix jours, sont sensiblement atténuées. Les courbes, marquant la rapidité journalière, présentent ces oscillations d'une manière encore plus démonstrative.



La courbe montre la rapidité journalière de la multiplication d'un seul infusoire (culture I) pendant l'année 1919.

En examinant cette courbe, nous voyons que la rapidité de la multiplication varie presque chaque jour. Parfois elle monte jusqu'à trois générations par jour, parfois elle tombe à zéro; ces oscillations, ces variations du rythme de la multiplication sont très marquées dans toutes les cultures.

D'après Woodruff et Erdmann ([1]), ce rythme est dû aux changements très compliqués qui s'opèrent dans les noyaux des infusoires et qu'ils ont décrits sous le nom d'Endomyxie. On peut se demander si c'est vraiment l'Endomyxie qui est la cause de toutes ces oscillations; peut-être s'agit-il d'autres causes inconnues provoquant l'arrêt de la multiplication et la reconstruction du noyau. Les expériences de Woodruff ne donnent pas de réponse à ces questions.

Quel est le rôle de l'Endomyxie? Est-ce un processus naturel ou pathologique? Est-ce un processus régénérateur qui rajeunit la cellule et la sauve de la mort naturelle, comme on pensait que pouvait le faire la conjugaison? Malheureusement toutes ces questions ne peuvent être résolues par l'expérience. En isolant les infusoires, nous pouvons facilement les empêcher de se conjuguer, mais nous ne pouvons pas, par ce procédé, arrêter les processus internes de la cellule.

([1]) L. Woodruff et R. Erdmann, *Jl. Exper. Zool.*, t. 17, 1914.

PHYSIOLOGIE. — *Sur la transmission en série du pouvoir protéolytique initialement conféré au suc pancréatique inactif par l'entérokinase.* Note de M. C. **Delezenne** et Melle **Suzanne Ledebt**, présentée par M. Roux.

L'activation du suc pancréatique par l'entérokinase est un phénomène facile à observer, mais dont le mécanisme reste encore obscur. Si l'entérokinase présente un certain nombre de caractères (destruction par la température, efficacité des petites doses avec le temps, etc.) qui ont permis de l'assimiler à un ferment, il faut bien reconnaître qu'on est encore loin d'être fixé sur le rôle exact de ce ferment et, par là même, sur les modifications chimiques, ou physico-chimiques, qu'il fait subir aux constituants indéterminés du suc pancréatique, qui sont les précurseurs de la trypsine. Certains faits sont d'ailleurs de nature à laisser des doutes sur le rôle fermentaire de l'entérokinase. N'a-t-on pas observé, par exemple, que cette substance, à moins d'avoir été introduite en grand excès dans le suc pancréatique, ne peut plus y être manifestée quand la trypsine est complètement libérée. L'expérience montre, en effet, qu'un suc pancréatique activé par l'entérokinase, dans les conditions habituelles des essais, c'est-à-dire à l'étuve à 39°, est incapable, même avec le temps, de déterminer à son tour l'activation d'un suc neuf auquel il est ajouté. De cette expérience, on a tiré la double conclusion : 1° que l'entérokinase est consommée ou détruite au cours de l'activation ; 2° que la trypsine formée est, elle-même, dépourvue de tout pouvoir activateur.

Il est cependant des conditions expérimentales qui permettent de mettre facilement en évidence les propriétés activantes d'un suc pancréatique soumis, au préalable, à l'action de la kinase. Ces conditions, disons-le immédiatement, sont réalisées, quand l'activation initiale du suc pancréatique est effectuée à basse température, soit au voisinage de 0° par exemple.

Le suc pancréatique, additionné d'une dose convenable de suc intestinal (ou de macération d'intestin), s'active parfaitement en effet, à 0°. La quantité de trypsine qui apparaît, à cette température, est même, toutes autres conditions étant égales, sensiblement plus élevée qu'à 39° ; par contre, le temps nécessaire à la libération complète du ferment est infiniment plus long à 0° qu'à 39°. C'est ainsi par exemple, qu'un suc kinasé qui s'active complètement en 30 à 40 minutes à 39° n'atteint souvent son maximum d'activité qu'après un séjour de 36 à 48 heures dans la glace fondante.

On s'assure aisément qu'il en est ainsi, en effectuant dans les mélanges des prises successives que l'on fait agir, pendant un temps très court, à l'étuve à 39°, sur une substance facile à digérer telle que la gélatine par exemple. Grâce à cette méthode on réduit au minimum les modifications secondaires que subissent, dans leur évolution, les mélanges portés à l'étuve en présence de la matière à digérer et l'on évalue assez exactement la quantité de trypsine qu'ils renferment à un moment donné.

Dans la pratique nous portions les prises successives, convenablement diluées, sur les tubes renfermant 2^{cm^3} de gélatine à 5 pour 100, que nous abandonnions à l'étuve 5, 10 ou 15 minutes au plus. Pour la plupart des sucs pancréatiques que nous avons utilisés (sucs de secrétine recueillis chez les chiens à jeun) la libération de la trypsine était au maximum quand nous obtenions, dans les conditions précises des essais que nous venons d'indiquer, et après un temps d'action de 15 minutes à 39°, la liquéfaction complète de la gélatine (absence ultérieure de gélification à 7°) avec une dose de suc ne dépassant pas $0^{cm^3},002$ à $0^{cm^3},003$.

C'est, en général, lorsque ce degré d'activité est atteint, que l'on peut tenter d'activer un suc neuf en lui ajoutant une certaine quantité du suc initial soumis à 0° à l'action de la kinase. Pour cela, ajoutons à $\frac{9}{10}$ de suc neuf, $\frac{1}{10}$ de suc kinasé (suc I) dont le maximum d'activité a été atteint par exemple après un temps de séjour de 48 heures dans la glace fondante et maintenons ce second mélange (suc II) à la même température de 0°. En utilisant la technique, précédemment décrite, nous constaterons qu'au bout de quelques heures il aura acquis, dans son ensemble, la même activité que le premier (suc I). La prise faite après 4 heures et demie par exemple, liquéfiera complètement la gélatine à la dose de $0^{cm^3},003$ en moins de 15 minutes.

De cette expérience, on peut déjà conclure qu'un suc pancréatique activé à 0° par l'entérokinase possède, lui-même, des propriétés activatrices, et que celles-ci ne sont plus vraisemblablement imputables à la kinase. En effet, tandis que, dans l'expérience dont il s'agit, le suc initial (suc I) a demandé 48 heures pour libérer la totalité de sa trypsine, le suc II 10 fois moins riche en kinase que le précédent s'active au même degré en un temps infiniment plus court, soit en moins de 5 heures. Répétons, d'ailleurs, la même expérience en utilisant maintenant le suc II et ajoutons encore à $\frac{9}{10}$ de suc neuf $\frac{1}{10}$ de ce second suc activé. Après avoir abandonné le mélange (suc III) à 0°, pendant quelques heures, nous observons qu'il a acquis, à son tour, la même activité que les précédents : comme eux, il liquéfie la gélatine à la dose de $0^{cm^3},002$ à $0^{cm^3},003$ en l'espace de 15 minutes.

De plus, il se montre capable de renouveler encore une fois le même processus d'activation vis-à-vis d'un suc neuf auquel il est ajouté (suc IV).

En fait, lorsqu'on a soin d'opérer à basse température, et le mieux est de rester au voisinage de 0°, on observe qu'en partant d'un premier suc pancréatique dont l'activation a été elle-même réalisée à 0° par la kinase, on peut transmettre en série cette activation initiale et la suivre de suc en suc, pour ainsi dire, indéfiniment.

Nous avons pu, en observant de très près toutes les précautions indispensables à la réussite de cette expérience (asepsie rigoureuse des sucs, maintien constant des mélanges à basse température avant les essais, dilution du suc activé par des proportions convenables de suc neuf), effectuer une série continue de 30 passages. Ajoutons que si la gélatine, en raison de la facilité avec laquelle elle est attaquée en un temps très court par le suc pancréatique activé, se prête tout particulièrement bien à l'étude des mélanges en évolution, on peut, quand l'activation est réalisée, démontrer l'existence de la trypsine dans toute la série des sucs activés, en utilisant l'ovalbumine coagulée comme réactif. Il est même curieux de constater que leur action digestive, vis-à-vis de l'albumine d'œuf, est souvent plus intense et plus rapide que celle manifestée par d'égales quantités de suc neuf activé d'emblée à 39° par une dose optimum de kinase.

Notons que cette propriété particulière, acquise par les sucs pancréatiques activés en série à basse température, est extraordinairement labile. Il suffit, en effet, de porter pendant quelques minutes à 39° les mélanges activés au préalable à 0° pour voir disparaître complètement leur faculté de provoquer une nouvelle activation, alors qu'ils conservent presque intégralement leur pouvoir protéolytique.

Nous aurons à envisager plus tard la nature de ce curieux phénomène qui peut être initialement provoqué, non seulement par l'entérokinase, mais encore par des activateurs qui n'ont aucun caractère de ferment. Signalons déjà qu'il y a lieu d'en rapprocher les observations déjà anciennes faites par Vernon (¹) dans ses recherches sur le lab des extraits pancréatiques. Peut-être faut-il en rapprocher aussi les phénomènes de lyse microbienne transmissible dont l'étude, sous l'impulsion de Twort de d'Hérelle, puis de Bordet et de son école, a pris un si grand développement au cours de ces dernières années.

(¹) VERNON, *Biochemical Journal*, t. 8, 1914, p. 494-529.

PHYSIOLOGIE. — *Sur la relation entre l'état colloïdal et les fonctions physiologiques du protoplasme.* Note de MM. **René Wurmser** et **Raymond Jacquot**, présentée par M. Henneguy.

Les travaux les plus récents ([1]) sur l'assimilation chlorophyllienne ont établi la part qui revient au protoplasme dans la photosynthèse. D'autre part, les recherches de O. Warburg ([2]) ont attiré l'attention sur l'extrême analogie qui existe entre la respiration et l'oxydation des substances organiques à la surface d'un corps tel que le charbon. Dans les deux fonctions essentielles de la vie des végétaux, respiration et assimilation chlorophyllienne, l'état des colloïdes cellulaires doit jouer un rôle important. C'est ce que nous avons voulu montrer par les expériences suivantes :

En chauffant des fragments d'algues, on détermine chez ces végétaux des modifications de leurs échanges gazeux. La température nécessaire pour obtenir ces modifications s'abaisse avec la durée du chauffage. Mais, pour toutes les algues étudiées, il suffit d'un traitement de 2 minutes entre 35° et 45°. L'examen microscopique ne révèle aucune variation concomitante dans la structure des cellules ([3]). Il semble donc impossible que les phénomènes observés soient conditionnés par autre chose qu'une modification de l'état colloïdal. On sait d'ailleurs qu'une variation du nombre et des dimensions des granules apparaît dans les colloïdes des organismes à des températures inférieures à celles qui entraînent la coagulation ([4]).

1° Nous avons maintenu pendant 2 minutes dans de l'eau de mer chauffée à différentes températures des fragments d'algues marines qui étaient ensuite replacés dans l'eau à température normale et exposés à la lumière. On dosait l'oxygène par la méthode de Winckler. Les chiffres suivants

---

([1]) R. Wurmser, *Recherches sur l'assimilation chlorophyllienne* (*Arch. Phys. Biol.*, t. 1, 1921, p. 33).

([2]) O. Warburg, *Bioch. Zeitschr.*, t. 119, 1921, p. 134.

([3]) Nous sommes heureux de remercier ici M. Mangenot qui a bien voulu examiner des préparations de *Codium tomentosum* ayant servi à nos expériences.

([4]) A. Mayer et G. Schæffer, *Sur la structure des gels* (*Comptes rendus Soc. de Biologie*, t. 64, 1908, p. 681.) — G. Matisse, *Action de la chaleur et du froid sur l'activité des êtres vivants* (Thèse, Paris, 1919).

indiquent la variation de la teneur de l'eau de mer en oxygène, le chiffre 100 représentant l'excès d'oxygène dû à l'assimilation de l'algue normale :

		36°.	38°.	40°.	42°.	45°
Ulva lactuca	100	100	62	33	7,2	—1,4
Iridea edulis	100	69,8	25,8	16,4	—26,6	»
Rhodymenia palmata (rouge)	100	98,9	28,2	4,1	—15,2	»
Codium tomentosum	100	90,9	19	»	—22,3	»
Laminaria saccharina	100	35	—51,4	—57	—50,4	»
Laminaria digitata	100	71,6	—81,2	—81,2	»	»
Rhodymenia palmata (vert)	100	12,2	—20,3	—16,7	—18,9	»

Les modifications produites par le chauffage réduisent plus fortement la fonction assimilatrice que la fonction respiratoire de l'algue, d'où compensation de l'oxygène dégagé par l'oxygène absorbé; puis, à partir d'un point d'inversion, variable d'un cas à l'autre, excès de ce dernier sur le premier. Dès 1873, Schützenberger et Quinquaud (¹) avaient signalé le même fait dans le cas d'*Elodea canadensis* chauffé à 45°-50°. On a donc affaire ici à un phénomène commun à tous les végétaux à chlorophylle.

2° Nous avons fait une étude plus complète sur une algue verte (*Ulva lactuca*) chauffée pendant 2 minutes à des températures croissantes, en déterminant, non seulement l'excès de l'oxygène dégagé sur l'oxygène absorbé à la lumière, mais aussi l'oxygène absorbé par l'algue respirant à l'obscurité. Dans cette partie de notre travail, nous nous sommes servis parallèlement de la méthode colorimétrique d'Osterhout et du dosage direct de l'oxygène. Les deux méthodes ont donné des résultats tout à fait concordants dont voici les moyennes :

	36°.	37°.	38°.	39°.	40°.	41°.	42°.	44°.	45°.
Assimilation — respiration	100	83	62	39	33	10	0,7	»	—0,014
Respiration seule	5	4,1	3,5	»	3,0	»	2,6	1,9	1,65

La respiration étant très faible relativement à l'assimilation, la première ligne de chiffres représente très sensiblement les variations de la photosynthèse. On voit que celle-ci est abaissée au $\frac{1}{100}$ de son intensité normale lorsque l'algue a été chauffée à 41°, tandis que le même traitement a abaissé

(¹) P. Schützenberger et F. Quinquaud, *Sur la respiration des végétaux aquatiques immergés* (*Comptes rendus*, t. 77, 1873, p. 272).

à peine la respiration à la moitié de sa valeur normale. La respiration diminue ensuite régulièrement :

	46°.	50°.	52°.	54°.	57°.	60°.	65°.
Respiration seule.....	1,65	1,45	1,3	1,0	0,70	0,50	0,01

On ne constate aucune diminution brusque de la respiration qui apparaît ainsi comme liée simplement à l'état physique du protoplasme.

3° Chez d'autres algues (*Rhodymenia*, *Laminaria*) la respiration ne décroît pas constamment comme dans le cas de l'*Ulve*. Non seulement elle subsiste après que toute assimilation a disparu, mais elle devient supérieure à la normale quand on a chauffé les fragments à une certaine température. Haas [1] a déjà signalé que chez les Laminaires tuées par dessiccation ou au moyen d'anesthésiques la respiration peut être supérieure à celle des algues vivantes. On conçoit, en effet, que la respiration étant conditionnée par l'état des colloïdes cellulaires sera modifiée, comme elle l'est par la chaleur, par tous les autres agents capables d'agir sur l'état colloïdal.

ZOOLOGIE. — *Interpénétration surrénalo-testiculaire chez des coqs castrés incomplètement.* Note de MM. **A. Pézard** et **F. Caridroit**, présentée par M. E.-L. Bouvier.

A la suite de castrations incomplètes effectuées sur les coqs, il nous a été donné d'observer un phénomène intéressant au point de vue histologique et embryologique : l'envahissement des transplants testiculaires accidentels par le tissu médullaire adrénalinogène, et inversement, la présence de canaux séminifères à l'intérieur de la surrénale, canaux qui, un an après l'opération, manifestaient encore des signes d'activité fonctionnelle.

Rappelons d'abord un fait classique. La surrénale des Oiseaux renferme, comme celle des Mammifères, deux tissus bien distincts : le tissu cortical et le tissu médullaire. Mais la répartition topographique chez les Oiseaux ne correspond nullement aux désignations établies d'après l'examen des Mammifères. Les éléments médullaires (adrénalinogènes et phæochromes) sont répartis en cordons flexueux courts, isolés et disséminés dans le tissu cortical; ordonné en cordons plus allongés, ce dernier forme comme le fond de la préparation microscopique (*fig.* 1).

---

(1) A.-R.-C. Haas, *Respiration after death* (*Bot. Gaz.*, t. 67, 1919, p. 347).

Expériences : *Coq* n° 4. — Race Leghorn doré; né le 3 mars 1920; castré le 30 mai 1920; autopsié le 4 juin 1921.

Deux transplants de la grosseur d'une tête d'épingle faisant saillie sur la surrénale. Les transplants sont formés de tubes séminifères sans tissu interstitiel, ni trace de spermatogenèse. Chaque tube renferme un cytoplasme d'aspect fibrillaire, ayant l'apparence d'un syncytium accolé à la paroi du tube, et parsemé de noyaux indifférents, alignés plus ou moins parallèlement à la paroi. L'épididyme adhère aux nodules.

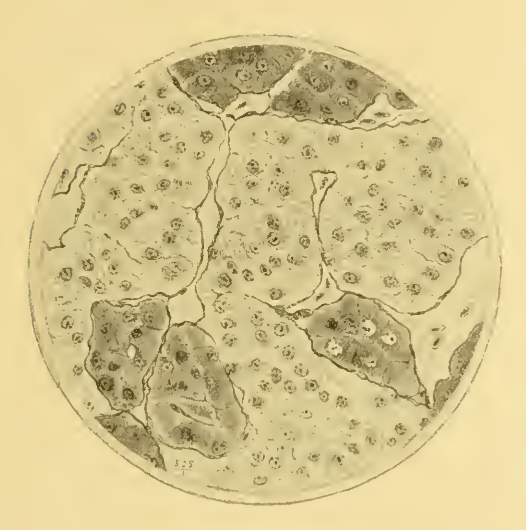


Fig. 1. — Capsule surrénale de coq. Fix. Bouin, Col. Prenant. G. : 525. Cordons médullaires très foncés. Tissu cortical plus clair formant le fond de la préparation.

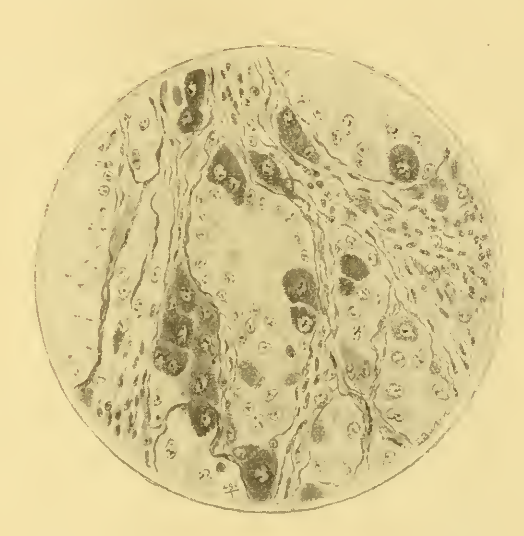


Fig. 2. — Invasion inter- et intratubulaire chez le coq n° 9. G. : 490. Fix. Bouin. Col. Hem. au fer. Rose de Magdala. Rouge Congo. Cellules médullaires très foncées. Canaux séminifères à structure sertolienne.

Les deux nodules s'appliquent étroitement contre la surrénale dans laquelle ils s'enfoncent à demi, bien que séparés d'elle par un tissu conjonctif mince. Contre la cloison de séparation, côté surrénal, nous distinguons une bande continue de cellules phæochromes serrées sans ordre et non plus groupées en cordons; cela semble indiquer que les canaux simplifiés exercent un tropisme positif vis-à-vis des cellules phæochromes.

Coq n° 7. — Race Leghorn doré; né le 3 mars 1920; castré le 30 mai 1920; autopsié le 8 mai 1921.

Transplant formé par deux masses contiguës. — Même structure que précédemment, c'est-à-dire pas de tissu interstitiel, et canaux séminifères réduits au syncytium

sertolien. Entre les deux nodules, nous trouvons les éléments surrénaux (corticale et médullaire), au milieu d'un conjonctif abondant. En un point même, les cellules médullaires ont pénétré dans le nodule et se groupent autour de canaux séminifères particulièrement réduits.

Coq n° 9. — Race Leghorn doré; né le 30 avril 1920; castré le 2 juin 1920; autopsié le 24 mai 1921.

Transplant de la grosseur d'une lentille couvrant la face libre de la surrénale. — Au microscope, nous n'observons entre les deux glandes aucune séparation conjonctive; même il existe une région où les deux organes sont incontestablement mélangés.

a. A la face interne du nodule se pressent un grand nombre de cellules phæochromes, ce qui semble encore dénoter un tropisme positif.

b. Dans le conjonctif intertubulaire beaucoup de cellules phæochromes occupent la place normale des cellules interstitielles, parfois groupées, parfois isolées (*fig.* 2).

c. Il existe également des cellules phæochromes à l'intérieur de beaucoup de canaux. Elles ont pris place dans le syncytium sertolien, ont conservé leur forme, leurs dimensions, leurs granulations, les réactions de coloration et ne diffèrent en rien des cellules phæochromes demeurées en place, visibles dans la même préparation. La quantité relative d'éléments médullaires diminue au fur et à mesure qu'on s'éloigne de la surrénale.

d. Inversement, au milieu de la surrénale se trouvent inclus quelques canaux séminifères différant bien des canaux normaux par l'absence de lumière, mais contenant toute la lignée séminale : spermatogonies, spermatocytes, spermatides et même quelques spermatozoïdes. Fait singulier : bien qu'adjacents à des cordons médullaires, ils ne renferment aucun élément phæochrome, d'où nous pensons pouvoir conclure à l'absence de tropisme de la part du tissu séminal normal.

Discussion. — La présence d'éléments phæochromes à l'intérieur de nodules testiculaires peut s'expliquer de diverses façons :

1. Par la transformation sur place de cellules germinales embryonnaires; rien dans l'état actuel de nos connaissances ne nous permet de le supposer.

2. Par migration à partir de la surrénale. Cette hypothèse est plus plausible; nous y sommes conduits par l'étude comparée des nodules, qui nous fournit les différentes étapes de cette migration : *a.* tassement des cellules phæochromes contre la cloison qui sépare le nodule et la surrénale; *b.* invasion du conjonctif intertubulaire; *c.* pénétration à l'intérieur de tubes séminifères. En outre, cette hypothèse concorde avec le fait que la migration décroît à partir du foyer d'invasion. Toutefois, il semble plausible d'admettre que seuls les canaux dégénérés exercent ce tropisme

puisque les canaux fonctionnels placés au milieu de la surrénale n'offrent pas trace d'éléments phæochromes.

L'explication de la pénétration à l'intérieur du canalicule nous paraît plus délicate. La cellule a-t-elle franchi la paroi ? L'examen des coupes ne nous permet pas de l'affirmer. Il nous semble plus rationnel de penser que cette pénétration s'est produite par des tubes restés ouverts lors des transplantations accidentelles. Au surplus, au moment des opérations, le testicule n'était pas en fonction, ce qui créait peut-être la condition favorable à la migration.

Conclusion. — Il résulte en tout cas de cette pénétration phæochrome que le testicule aspermatogène réalise, ainsi que le tissu cortical, des conditions de milieu qui permettent aux éléments médullaires de continuer à vivre et à sécréter l'adrénaline.

D'autre part, on sait que le tissu cortical et le tissu séminal ont une parenté ontogénique, dérivant l'un et l'autre de bourgeons contigus de l'épithélium œlomique : cette parenté embryologique se trouve corroborée par la possibilité d'entrer tous deux en connexion avec la cellule phæochrome.

PROTISTOLOGIE. — *Sur l'évolution des Infusoires des Lamellibranches. Relations des Hypocomidés avec les Ancistridés. Le genre* Hypocomides, n. gen. Note de MM. **Édouard Chatton** et **André Lwoff**, présentée par M. F. Mesnil.

Le genre *Hypocoma* a été créé par Grüber (1884) pour un infusoire qu'il a trouvé rampant à la surface des individus de *Zoothamnium*, au moyen d'une aire ciliaire aplatie, tout le reste du corps étant dépourvu de cils. Quoiqu'il n'eût ni cirres, ni membrane adorale, Grüber le classa parmi les Hypotriches. Plate (1888) découvrit un tentacule à une des extrémités de l'aire ciliaire et considéra cet organisme comme intermédiaire entre les Ciliés et les Acinétiens. Telle est aussi l'opinion de Bütschli qui voit dans les *Hypocoma* des formes très primitives apparentées aux Holotriches Chlamydodontidés, et souches de tous les Acinétiens. B. Collin (1907-1912) les tient au contraire pour des formes très spécialisées de ces derniers, et comme « terme extrême d'une série ». Il les sépare catégoriquement des Chlamydodontidés à cause de leur « ciliature péritriche » et les fait dériver des embryons d'*Ephelota*. Ce seraient ainsi des Acinétiens qui demeureraient toute leur vie à l'état d'embryons. L'an dernier Lichtenstein a fait connaître un *Hypocoma* vivant sur les branchies des Patelles, que nous avons

retrouvé à Roscoff. Nous avons rencontré dans la même station d'autres formes d'Hypocomidés sur divers Lamellibranches. Leur étude nous met à même de démontrer, sans doute possible, croyons-nous, que ces formes se relient par des transitions très ménagées aux Holotriches de la famille des Ancistridés qui hantent eux-mêmes les branchies des Acéphales.

Maupas, puis Issel, ont montré que les Ancistridés sont des Holotriches très modifiés du fait de leur condition sessile. Leur immobilisation est réalisée par des cils spécialisés, capables de rigidité au contact des supports (thigmotactisme de Jennings). L'aire de cils ainsi spécialisés, que nous appellerons aire thigmotactique, n'est pas indépendante de la ciliature générale. Elle est formée par l'ensemble des segments postérieurs, plus ou moins étendus, des stries méridiennes de la face ventrale, où les grains basaux des cils sont plus serrés qu'ailleurs. Comme Maupas et Fauré-Frémiet l'ont déjà mis en lumière, la condition fixée s'accompagne chez les Ancistridés, ainsi que chez les autres Ciliés, d'un grand développement de la zone adorale, qui devient une hélice à plus d'un tour chez les *Boveria*, les *Plagiospira* et les *Hemispeira*, appareil capable d'attirer de loin les particules alimentaires.

Mais il est des Ancistridés chez lesquels s'ajoute à l'aire thigmotactique un appareil de fixation plus parfait : un bouton adhésif qui se différencie au pôle postérieur. Inexistant chez les *Boveria*, à peine ébauché chez les *Plagiospira*, nettement indiqué chez l'*Ancistrum mytili*, il est bien développé chez l'*Ancistrum cyclidioïdes* de *Tellina tenuis*, toutes formes que nous avons réétudiées.

Il devient un piston rétractile et protractile chez les *Hypocomides*, genre nouveau dont nous avons découvert deux espèces à Roscoff, l'une sur *Modiolaria marmorata* et l'autre sur *Mytilus edulis*, où elle coexiste avec l'*Ancistrum*.

Les *Hypocomides* sont ainsi fixés par un piston postéro-terminal, déjeté ventralement, qui ventouse fortement les cellules épithéliales de la branchie et s'y enfonce parfois. C'est certainement un organe d'absorption en plus d'un organe de fixation, un suçoir par conséquent. La preuve en est que, dans ces formes, la bouche s'est oblitérée et que l'aire adorale elle-même a régressé au point qu'elle n'est plus représentée chez *H. modiolariæ*, n. sp. que par un segment d'hélice d'un tiers de tour, et chez *H. mytili*, n. sp. par un segment beaucoup plus court encore, constitué seulement par une dizaine de grands cils. C'est l'existence de cette zone adorale qui distingue

le nouveau genre *Hypocomides* du genre *Hypocoma*. En rapport avec la condition fixée, la ciliature générale a presque complètement disparu, tandis que l'aire thigmotactique seule s'est conservée. Deux lignes ciliaires chez *H. modiolariæ*, deux côtes sans cils chez *H. mytili*, les unes et les autres à gauche de l'aire thigmotactique, sont tout ce qui reste de la ciliature générale.

Chez *Cardium edule*, nous avons étudié un *Hypocoma* nouveau, abondant dans les cavités internes de la branchie. Il forme là un revêtement d'individus serrés les uns contre les autres, enfonçant profondément leur suçoir dans les cellules épithéliales. Cet *Hypocoma* n'a plus ni trace de bouche, ni trace de ciliature générale; son aire thigmotactiqne seule persiste. Il en est de même chez l'*Hypocoma patellæ* de Lichtenstein.

Remarque extrêmement importante : dans toutes ces formes sans exception, les stries ciliaires de l'aire thigmotactique se terminent, comme l'a fort bien vu Lichtenstein chez *H. patellæ*, indépendamment les unes des autres vers l'avant, et ne sont jamais, comme chez les *Hypocoma* étudiés par Collin, disposées en ceinture, c'est-à-dire suivant le type péritriche. L'interruption de ces stries n'est pas, comme le pense Lichtenstein, dûe à la régression d'une ciliature péritriche primitive; elle n'est que le reste de la ciliature à stries méridiennes des Ancistridés.

La question se pose de savoir si les *Hypocoma* (*H. acinetarum*, *H. ascidiarum*) étudiés par Collin ont bien réellement une ciliature du type péritriche. Il est difficile de s'en assurer d'après ses figures. Chez *H. acinetarum*, les stries se perdent en avant dans le cytostome, chez *H. ascidiarum* elles sont figurées méridiennes, et il ne semble pas qu'il y ait continuité entre elles au pôle postérieur.

La conjugaison des *Hypocoma* était jusqu'ici inconnue. Nous l'avons vue dans l'*Hypocoma cardii* et dans l'*Hypocomides modiolariæ*. Elle y est partielle comme chez les Ciliés Holotriches et s'effectue par le pôle antérieur.

Notre conception de l'origine des Hypocomidés lève une difficulté d'orientation et d'homologies qui a été jusqu'ici éludée. Chez les Acinétiens, l'appareil tentaculaire se développe au pôle adoral. Seuls les *Hypocoma* auraient fait exception à cette règle en développant leur tentacule au pôle postérieur, précisément à la place où se forme le style des Acinètes pédonculés. En réalité le suçoir des *Hypocoma* est l'homologue d'un style et nullement celui d'un tentacule.

Ainsi, pour nous, les *Hypocoma* sont, non pas des Acinétiens néoténiques, mais des Ancistridés, qui, de commensaux, sont devenus parasites grâce au développement de leur suçoir fonctionnant comme organe fixateur et absorbant. La disparition de la bouche, la régression de la zone adorale et de la

ciliature générale, sont les conséquences de cette condition parasitaire. Seule l'aire thigmotactique s'est conservée, leur permettant de ramper sur leur support et de se déplacer lorsque les cellules attaquées sont épuisées.

BACTÉRIOLOGIE. — *Sur les rapports du* B. Abortus (*Bang*) *et du* Micrococcus melitensis. Note [1] de M. **Et. Burnet**, présentée par M. Roux.

Entre le microbe de l'avortement épizootique (B. de Bang) et le microbe de la fièvre méditerranéenne, les ressemblances sont si étroites que l'on est amené à croire qu'il s'agit de la même espèce microbienne.

Le problème de leurs rapports, posé par A. C. Evans en 1918, ne touche pas seulement à un point de classification et de nomenclature; il intéresse la pathologie et l'hygiène. Bien que, dans les pays où règne l'avortement épizootique, on n'ait pas observé avec certitude la contamination de l'espèce humaine, on se demande partout si le microbe de l'avortement n'est pas pathogène pour l'homme ou susceptible de le devenir.

La plupart des auteurs qui ont abordé ce sujet travaillaient dans des contrées où le microbe de Bang est répandu et où manque la fièvre méditerranéenne; ils l'ont considéré surtout du point de vue du *B. arbotus*. La Tunisie nous offrant, au contraire, le *M. melitensis* en abondance, c'est par ce côté que nous avons abordé la question.

Nous nous sommes servi de deux souches de B. de Bang, isolées l'une (P) chez le porc, l'autre (V) chez le veau, dont nous sommes redevables à la collection de cultures de l'Institut Lister.

L'étude comparative a porté sur trois points :

1° *Caractères de forme et de culture.* — Entre *B. abortus* et *M. melitensis*, les différences sont si faibles, même si discutables, qu'aucun observateur n'a cru qu'elles puissent servir à un diagnostic. Il n'y a pas lieu d'insister.

2° *Pouvoir pathogène.* — On sait que les différentes espèces animales ne se comportent pas de la même manière vis-à-vis du *M. melitensis* : les deux microbes doivent donc être comparés par inoculations à diverses espèces animales.

Les auteurs qui les ont le plus minutieusement comparés aboutissent à cette conclusion, que, pour le cobaye, le *B. abortus* est plus pathogène que

---

(1) Séance du 23 octobre 1922.

le *M. melitensis*, et que c'est le contraire chez le singe (ils ne sont pas parvenus à infecter des singes de l'espèce *Pithecus syrichta* avec des doses mille fois supérieures aux doses sûrement infectantes de *M. melitensis*).

Les expérimentateurs qui ont déterminé l'avortement chez des femelles de cobaye pleines en leur inoculant du *B. abortus* en ont fait autant en injectant du *melitensis*. C'est affaire de doses. Chez nos cobayes infectés, aussi bien de *B. abortus* que de *melitensis*, nous n'avons pas vu survenir d'avortements, et la natalité a été aussi bonne que dans des lots de cobayes témoins.

Chez le cobaye, les lésions, les localisations, les complications (arthrites) sont exactement les mêmes avec les deux microbes. Dans les deux cas, l'infection a la même allure.

Mais un fait important domine ces expériences. Les divers échantillons de *B. abortus*, comme ceux de *M. melitensis*, paraissent être de virulence inégale. Éprouvés sur le cobaye, deux *melitensis* peuvent être plus différents entre eux que tel *abortus* comparé à tel *melitensis*. Comment distinguera-t-on un *abortus* peu virulent d'un *melitensis* très virulent?

La question ne peut être poussée plus loin que par des expériences sur les singes, les seuls animaux qui répondent à l'injection ou à l'ingestion de *melitensis* par une maladie fébrile semblable à la fièvre ondulante de l'homme.

3° *Réactions d'immunité.* — Nos expériences d'agglutination croisée nous ont montré, comme à nos prédécesseurs, que la séro-réaction ne permet pas de distinguer un *abortus* d'un *melitensis*. Il n'est pas rare qu'un sérum anti-*melitensis* agglutine les *abortus* à un taux plus élevé que les *melitensis*, et, réciproquement, qu'un sérum anti-*abortus* agglutine les *melitensis* à un taux plus élevé que les *abortus*.

Les expériences d'adsorption (épreuve de Castellani) ont montré que les deux microbes renferment les mêmes antigènes, dont les proportions seulement sont variables.

A ce point de vue, il n'est pas possible de concevoir les rapports de l'*abortus* et du *melitensis* comme ceux du B. typhique et des bacilles paratyphiques.

Nous nous sommes attaché particulièrement à une autre réaction d'immunité, la réaction de l'organisme au filtrat de culture, qui nous a fourni un nouveau procédé de diagnostic de l'infection à *melitensis*.

Nous avons d'abord constaté que le cobaye infecté de *B. abortus* réagit

au filtrat d'une culture de ce microbe (abortine), inoculé dans le derme, comme le cobaye infecté de *melitensis* réagit au filtrat de culture du *melitensis* (mélitine).

Nous avons vu ensuite que le cobaye infecté de *B. abortus* est aussi sensible à la mélitine qu'à l'abortine. Réciproquement, le cobaye infecté de *melitensis* n'est pas moins sensible à l'abortine qu'à la mélitine.

Et de même que nous avons vu des sérums anti-*melitensis* agglutiner des échantillons d'*abortus* à un taux plus élevé que des *melitensis*, de même nous avons eu en mains une abortine plus active, sur les cobayes infectés de *melitensis*, que la mélitine dont nous nous servions habituellement.

La comparaison est plus intéressante à poursuivre chez l'homme, parce que l'homme est beaucoup plus sensible à la mélitine (comme à la tuberculine) que le cobaye, et parce que la question de la sensibilité de l'homme au *B. abortus* a été posée.

Quatre sujets en cours de fièvre méditerranéenne ont été soumis à l'intradermoréaction, pratiquée en même temps sur chacun, avec trois filtrats, notre mélitine habituelle (connue comme très active) et deux abortines (P et V).

Les trois réactions ont été positives en même temps chez ces quatre sujets, et, chez les quatre, c'est l'abortine P qui a provoqué la réaction la plus forte.

L'homme atteint de fièvre méditerranéenne étant pris comme réactif, on ne peut même pas admettre entre la mélitine et l'abortine la différence qui existe, par exemple, entre la tuberculine humaine et la tuberculine aviaire. L'analogie existerait plutôt avec les tuberculines humaine et bovine.

Enfin, de même que le cobaye infecté de *melitensis* peut succomber à l'injection péritonéale d'une forte dose de mélitine, le cobaye infecté d'*abortus* peut succomber à une même dose d'abortine; et l'abortine tue le cobaye infecté de *melitensis*, comme la mélitine tue le cobaye infecté d'*abortus*.

En somme, ni les caractères de forme et de culture, ni le pouvoir pathogène pour le cobaye, ni les réactions dites d'immunité ne permettent de distinguer le *B. abortus* du *M. melitensis*.

La seule différence qui subsiste entre eux étant celle de leur pouvoir pathogène pour les singes, et, vraisemblablement, pour l'homme, on ne peut actuellement concevoir leurs rapports que sur l'exemple de ceux qui existent entre le bacille tuberculeux humain et le bacille tuberculeux bovin.

Encore cette comparaison pèche-t-elle en ce qu'elle préjuge de la possibilité d'une différenciation.

Ainsi ces deux microbes, si différents par leur action pathogène caractéristique qu'on ne songeait pas à les rapprocher, sont bactériologiquement indiscernables. C'est l'exemple le plus frappant que nous possédions de ce que peut réaliser l'adaptation des microbes aux espèces animales.

MÉDECINE EXPÉRIMENTALE. — *Action des toxines tétanique et diphtérique per os.* Note de MM. **J. Dumas**, **D. Combiesco** et **J. Baltiano**, présentée par M. Roux.

Dans une Note précédente, nous avons montré que l'on peut reproduire l'intoxication dysentérique et l'intoxication cholérique en faisant ingérer à des cobayes ou à des lapins les toxines solubles du bacille de Shiga et du vibrion cholérique. Nous avons recherché si, dans les mêmes conditions, on peut déterminer le tétanos expérimental ou l'intoxication diphtérique.

Il résulte des expériences antérieures de MM. Vaillard et Vincent (¹), Gibier (²), Charrin et Lefèvre (³), G. Carrière (⁴), Vincent (⁵) Breton et Pettit (⁶) que l'ingestion des toxines tétanique et diphtérique, même à forte dose, est inoffensive, car elles sont détruites par le suc gastrique ou les autres ferments digestifs. Mais les doses que ces expérimentateurs ont fait

(1) Vaillard et Vincent, *Contribution à l'étude du tétanos* (*Annales de l'Institut Pasteur*, janvier 1921).

(2) P. Gibier, *Des effets produits sur certains animaux par les toxines et les antitoxines de la diphtérie et du tétanos injectées dans le rectum* (*Comptes rendus*, 1896, p. 1075).

(3) Charrin et Lefèvre, *Action des sucs digestifs sur les toxines* (*C. R. Soc. de Biologie*, 30 juillet 1898, p. 818).

(4) G. Carrière, *Étude expérimentale sur le sort des toxines et antitoxines introduites dans le tube digestif des animaux* (*Ann. de l'Institut Pasteur*, 1899, p. 435).

(5) H. Vincent, *Action du gros intestin sur la toxine tétanique* (*C. R. Soc. de Biologie*, 1908, p. 162); *Sur le mode de destruction de la toxine tétanique dans l'estomac* (*C. R. Soc. de Biologie*, 1908, p. 729); *Mode de destruction de la toxine tétanique dans l'intestin; action antitoxique du suc pancréatique activé* (*C. R. Soc. de Biologie*, 1908, p. 797).

(6) M. Breton et G. Pettit, *Passage de la toxine et de l'antitoxine à travers la muqueuse du gros intestin* (*C. R. Soc. de Biologie*, 1908, p. 160).

ingérer à des animaux ne dépassaient pas 1000 doses mortelles. Il nous a semblé intéressant de reprendre ces expériences en utilisant une toxine tétanique très active qui tue le cobaye au $\frac{1}{15000}$ ou au $\frac{1}{20000}$ de centimètre cube.

Nous avons fait absorber [1] après 24 heures de jeûne, $\frac{1}{10}$ de toxine tétanique et le lendemain 1^{cm^3} à 10 cobayes, 4 ont présenté, 24 heures après la dernière ingestion, un syndrome de tétanos expérimental généralisé. Brusquement, les deux membres postérieurs ou antérieurs sont contractés et immobilisés dans l'extension, puis des crises convulsives généralisées apparaissent, elles sont spontanées ou provoquées par le moindre attouchement. La respiration s'accélère, les crises convulsives deviennent de plus en plus rapprochées et l'animal exténué se couche sur le côté et meurt après quelques heures.

En donnant une forte dose de toxine tétanique à un cobaye par exemple, 6^{cm^3} en une seule ingestion, on provoque en moins de 24 heures l'apparition d'un tétanos splanchnique expérimental. Le cobaye est légèrement dyspnéique, puis les deux pattes postérieures et antérieures sont contractées et immobilisées dans l'extension. L'animal est raide et figé sur ses quatre pattes, le dos voûté, rappelant, suivant la comparaison de M. Binot [2], « l'attitude d'un cobaye de bois ». La dyspnée devient de plus en plus vive, des spasmes du diaphragme apparaissent, l'animal est inquiet et meurt très rapidement. L'évolution de ce tétanos s'est déroulée en quelques heures.

Le lapin, beaucoup plus résistant que le cobaye à la toxine tétanique, peut en supporter par ingestion de très fortes doses. En quatre repas, trois lapins ont absorbé, l'un 7^{cm^3} de toxine, le deuxième 12^{cm^3}, et le troisième 24^{cm^3}. Ces animaux n'ont présenté aucun symptôme de tétanos.

Le lapin, est au contraire plus sensible que le cobaye à l'ingestion de toxine diphtérique. Ainsi après un jeûne de 24 heures, 7 lapins ont absorbé pendant trois jours consécutifs 3^{cm^3}, 4^{cm^3}, 5^{cm^3} et 9^{cm^3} de toxine diphtérique très active tuant le cobaye à $\frac{1}{1000}$ de centimètre cube. Cinq lapins ont succombé 24 heures ou 48 heures après la dernière ingestion. A l'autopsie nous avons observé une congestion intense de l'intestin grêle et une dégénérescence très marquée du foie. La rate, les reins et les capsules surrénales

---

(1) Technique décrite dans la Note de J. Dumas et Combiesco, *Intoxication dysentérique du lapin et intoxication cholérique du cobaye par ingestion de toxines dysentériques et cholériques solubles* (*Comptes rendus*, t. 175, 1922, p. 652).

(2) J. Binot, *Étude expérimentale sur le tétanos* (Thèse, 1899).

avaient un aspect normal. Le cœur et les poumons étaient sains; sur les coupes du foie, on remarquait une dégénérescence graisseuse au centre des lobules. Le protoplasme de nombreuses cellules hépatiques avait un aspect vacuolaire et fenêtré. Les vaisseaux étaient congestionnés; les capillaires bourrés de globules rouges et, en de nombreux endroits, des hémorragies intralobulaires atteignaient les espaces porte.

Le cobaye supporte de fortes doses de toxine diphtérique. Sur 10 cobayes qui ont absorbé en 5 repas jusqu'à 9^{cm^3} de toxine diphtérique, 4 seulement ont succombé 3 à 4 jours après la dernière ingestion. L'autopsie des animaux a révélé les lésions suivantes : hypertrophie et congestion des capsules surrénales, congestion du foie et des reins. On peut cependant rendre le cobaye plus sensible en lui faisant absorber une plus grande quantité de toxine en un seul repas. Ainsi un cobaye a succombé en 24 heures après l'ingestion de 7^{cm^3} de toxine diphtérique. L'intestin grêle était hypérémié et les capsules surrénales étaient congestionnées et hypertrophiées.

Conclusions. — Il est facile de reproduire le tétanos expérimental du cobaye en faisant ingérer à l'animal, en plusieurs repas, 3^{cm^3} à 10^{cm^3} de toxine tétanique. Le lapin reste bien portant même après ingestion de 24^{cm^3} de toxine tétanique.

Cet animal est au contraire plus sensible que le cobaye à l'ingestion de toxine diphtérique. On peut cependant provoquer l'intoxication diphtérique en faisant absorber au cobaye 7^{cm^3} de toxine qui tue le cobaye au $\frac{1}{1000}$ de centimètre cube.

Les résultats de nos expériences sont en contradiction avec ceux obtenus par d'autres expérimentateurs, mais cette discordance s'explique par ce fait que les toxines tétanique et diphtérique que l'on prépare actuellement sont beaucoup plus actives que celles d'autrefois.

La séance est levée à 16 heures.

É. P.

ERRATA.

—

(Séance du 22 mai 1922.)

Note de M. *Rolf Nevanlinna*, Sur les relations qui existent entre l'ordre de croissance d'une onction monogène et la densité de ses zéros :

Page 1326, ligne 20, *au lieu de*

$$\sum_{1}^{\infty} \frac{1}{r^n},$$

lire

$$\sum^{\infty} \frac{1}{r_n^k}.$$

(Séance du 25 septembre 1922.)

Note de M. *E. Fournier*, Sur la nature et la structure du substratum de la chaîne du Jura :

Page 492, ligne 14, *au lieu de* sur le Trias, *lire* sous le Trias.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 6 NOVEMBRE 1922.

PRÉSIDENCE DE M. ALBIN HALLER.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. A. HALLER prend la parole pour annoncer la mort de M. E. BOUTY.

Un nouveau deuil vient de frapper l'Académie en la personne de M. E. Bouty, décédé hier matin, à Paris, dans sa 77e année.

Attaché d'abord comme maître de Conférences à l'École Normale supérieure, puis devenu titulaire de la Chaire de Physique expérimentale de la Sorbonne, notre regretté confrère s'est signalé comme l'auteur de découvertes multiples au cours de sa féconde et laborieuse carrière. Ses premières recherches ont porté sur le magnétisme : mesure du moment magnétique de très petites aiguilles aimantées, sur le magnétisme permanent de l'acier, sur l'aimantation de l'acier. Elles eurent pour suite une étude de quelques phénomènes mécaniques et calorifiques qui accompagnent l'électrolyse, celle de phénomènes thermo-électriques et électrothermiques au contact d'un métal et d'un liquide, une autre sur la polarisation des électrodes et la conductibilité des liquides.

A ces études, il convient d'ajouter des travaux importants sur la conductibilité électrique des dissolutions salines ou acides de concentration moyenne, sur l'application de l'électromètre à l'étude des équilibres chimiques, sur une nouvelle méthode pour la mesure de la conductibilité électrique des sels fondus (en commun avec M. L. Poincaré), toutes recherches se rapportant *aux lois de la conductibilité des électrolytes*.

Notre collègue a aussi consacré plusieurs années à un travail important sur le passage de l'électricité à travers les gaz, en montrant comment il est possible de caractériser chacun de ceux-ci par un coefficient de cohésion

diélectrique, et contribué ainsi au développement des idées modernes sur la nature des phénomènes électriques.

A côté de ces études dont les résultats sont devenus classiques, M. E. Bouty s'est livré à d'autres recherches de moindre importance mais qui sont toujours marquées au coin de la plus consciencieuse observation et de la plus grande précision.

Notre confrère ne s'est pas borné à ces recherches personnelles, mais il a fait école et est parvenu à grouper autour de lui des élèves qui sont devenus ses disciples et auxquels il a su communiquer son amour pour l'étude désintéressée et dont quelques-uns ont été ses collaborateurs et ses continuateurs.

Indépendamment de sa production scientifique proprement dite, M. E. Bouty a encore consacré son temps à une œuvre didactique très appréciée à l'époque; nous voulons parler du Cours de Physique à l'École Polytechnique de Jamin, dont il a publié la 4e édition entièrement refondue.

Il a en outre assumé, pendant de longues années, la rédaction du *Journal de Physique* créé par d'Almeida, et celle des *Annales de Physique*.

M. Bouty laisse le souvenir d'un maître consciencieux et très attaché à ses élèves qu'il soutenait et encourageait dans leur carrière, à la condition qu'ils fissent œuvre personnelle et originale. Je crois être l'interprète de l'Académie en transmettant à la famille de notre regretté confrère l'expression de nos sympathiques condoléances.

Je lève la séance en signe de deuil.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *A propos de la coagulation du latex.* Note de M. L. Lindet.

Dans la séance du 23 octobre dernier, M. Vernet a montré l'influence qu'exerce le chlorure de calcium sur la coagulation du latex de l'*Hevea Brasiliensis* et a attribué l'augmentation du poids de caoutchouc récolté à la formation du phosphate de calcium, aux dépens des phosphates solubles contenus dans le latex.

Je trouve quelque intérêt à rapprocher cette réaction de celle que j'ai publiée en 1913 et en 1914 [1], relative à la coagulation de la caséine du lait.

---

[1] *Comptes rendus*, t. 157, 1913, p. 381, et t. 159, 1914, p. 122.

Quand on ajoute du chlorure de calcium à du lait cru ou cuit, on obtient en plus grande quantité un caillé plus ferme; j'ai montré que les caséines sont en partie solubles dans les éléments du sérum et spécialement dans les phosphates et citrates alcalins. L'addition du chlorure de calcium précipite ces phosphates et citrates à l'état de sels de calcium et les caséines solubles privées de leur dissolvant augmentent légèrement le poids du caillé. D'autre part, le coagulum est d'autant plus abondant qu'il est plus minéralisé. C'est là une analogie de plus entre le lait des animaux et le lait de caoutchouc.

Cette réaction a été utilisée par certains fromagers qui s'en sont déclarés satisfaits.

PHYSIOLOGIE. — *Sur l'absorption de la pepsine et de l'acide chlorhydrique par les aliments.* Note (¹) de M. **Jean Effront.**

De nouvelles expériences (²) nous ont démontré que le papier à filtrer peut aussi exercer, sur la pepsine et sur le suc gastrique naturel, une action qui dépend de la structure physique de la cellulose : tandis que certains papiers n'exercent pas d'influence, d'autres absorbent très activement la pepsine. Ceux-ci se différencient en outre, entre eux, au point de vue de la régénération de la pepsine absorbée : dans certains cas la pepsine une fois fixée devient inactive et ne se laisse pas régénérer. Dans d'autres cas, au contraire, on parvient, par un lessivage plus ou moins énergique, à la récupérer.

Ces expériences avec les celluloses nous ont amené à supposer que certains aliments doivent exercer une action directe sur le suc gastrique, et peuvent, par conséquent, influer sur la marche de la digestion. Et des essais faits dans ce sens ont confirmé cette manière de voir : les pulpes des fruits, de la salade crue, ainsi que des légumes cuits absorbent le suc gastrique artificiel, de même que le suc gastrique naturel. L'intensité de l'action diffère avec les espèces d'aliments.

Pour établir le pouvoir absorbant, nous nous sommes servi de la méthode suivante : les fruits pelés, les salades et les autres aliments que l'on mange crus sont pressés; les résidus obtenus sont dilués dans l'eau et lavés à différentes reprises, et ramassés sur un tamis. Ils sont ensuite

(¹) Séance du 30 octobre 1922.

(²) *Comptes rendus*, t. 174, 1922, p. 18; *Société de Biologie*, janvier 1922.

ramenés à nouveau à la presse. Dans les pulpes obtenues, on détermine les matières sèches, les cendres, l'alcalinité de ces dernières et leur teneur en phosphates. Les légumes sont traités de la même manière après avoir été bouillis pendant 2 heures.

Pour chaque expérience on emploie 20$^{cm^3}$ de pulpes et 40$^{cm^3}$ d'une solution de pepsine de 1 ou 0,5 pour 1000, suivant les cas. Le mélange intime de la pulpe et de la solution de pepsine est introduit dans des flacons que l'on maintient pendant 2 heures à la température de 37°. Ensuite, on en exprime le jus, et on filtre le liquide sur du papier dépourvu de pouvoir absorbant.

Dans des essais témoins, qu'on laisse aussi pendant 2 heures à 37°, on ajoute aux 40$^{cm^3}$ de la solution de pepsine une quantité d'eau correspondant à la teneur en eau de 20^g de pulpe.

La différence dans la teneur en substances actives entre les expériences témoins et les essais avec la pulpe fournit les données d'appréciation du pouvoir d'absorption : La détermination de la pepsine se fait d'après la méthode Fuld légèrement modifiée. Une unité de pepsine correspond à une quantité de substance active capable de transformer 1^{mg} d'édestin en 30 minutes à la température de 20° C.

	Unité de pepsine pour 100^g de liquide. — Témoins		Pouvoir absorbant	
	sans pulpe.	avec pulpe.	pour 100^g de pulpe pressée.	pour 1^g de substance sèche.
1. Pommes vertes	3300	50	9181	533
2. » presque mûres	2550	220	6582	378
3. » mûres	2500	1330	3279	172
4. Poires pas mûres	2850	0	7581	223
5. » mûres	2850	2000	2252	64,3
6. Prunes pas mûres	3075	50	8863	1303
7. » mûres	3300	800	7275	826
8. Tomates crues	1660	1421	642	20,7
9. Oignons crus	1660	1330	922	51,2
10. Bananes	1660	0	4448	139
11. Salades : blé, laitue, chicorée, romaine, frisée	"	"	"	96 à 180
12. Choux blancs, choux-fleurs, carottes, poireaux, navets, haricots princesses	"	"	"	530 à 650

Dans l'expérience n° 1, on trouve pour les témoins une teneur en pepsine correspondant à 3300 unités. Dans les essais parallèles avec la pulpe, on ne trouve que 50 unités. Il a donc été absorbé 3250 unités pour 100^{cm^3} de liquide.

La pulpe de pomme crue contient 82,8 pour 100 d'eau et 17,2 pour 100 de substances sèches. 100^g de pulpe correspondent à 282^{cm^3},5 de solution de pepsine $\times$ 3250 pour 100 = 9181 unités absorbées, chiffre qui correspond à 533 unités absorbées par gramme de matières sèches.

Dans les essais faits au moyen de pommes, prunes et poires, les fruits ont toujours été détachés du même arbre, mais à différentes époques. Il a été constaté ainsi que le pouvoir absorbant de la pulpe diminue au fur et à mesure de la maturation. Les pulpes de poires ont un pouvoir absorbant relativement faible, tandis que celles des prunes absorbent très énergiquement la pepsine. Les pelures de fruits ne possèdent point de pouvoir absorbant. Les oignons, les tomates absorbent, par gramme de pulpe sèche, de 20 à 50 unités. Les salades crues ont un pouvoir absorbant 3 à 4 fois plus fort, tandis que le pouvoir absorbant des légumes cuits va de 550 à 600. Il est curieux de constater que les pulpes des légumes cuits et desséchés ensuite à 110°, n'accusent point de pouvoir absorbant.

La réaction du milieu influe souvent sur l'intensité du phénomène : pour les pulpes des melons, salades-laitues, salades-romaines, la réaction du milieu est sans influence. Avec les salades frisées, les choux, choux-fleurs, navets, endives, carottes, l'absorption augmente au contraire très considérablement avec l'acidité.

Au cours des essais avec les pepsines acides, on a eu l'occasion de constater que la présence de la pulpe végétale a pour effet de diminuer l'acidité. L'intensité de l'absorption de l'acide chlorhydrique se trouve aussi en relation directe avec la nature de la pulpe.

Pour étudier l'action de la pulpe sur l'acide libre, on a suivi la marche ci-après : 40^g de pulpe dont on connaît la teneur en eau sont dilués avec 120^{cm^3} d'acide chlorhydrique à 2,5 pour 1000. Après un séjour dans le bain de 2 heures, à 37°, on exprime le jus et l'on détermine la teneur en acide libre.

Absorption de l'acide par les pulpes végétales.

	Acide chlorhydrique absorbé, en milligrammes.		Alcalinité des cendres exprimées en milligrammes d'acide chlorhydrique.
	Pour 100g de pulpe humide.	Pour 100g de pulpe sèche.	Pour 100g de pulpe sèche.
1. Choux-fleurs.....	390	3900	520
2. Poireaux........	654	3290	780
3. Choux blancs....	430	3180	520
4. Navets..........	320	2070	1470
5. Carottes.........	497	3210	"
6. Salades-laitues...	430	3180	2580
7. Pommes.........	140	752	628
8. Salade de blé....	323	2900	"
9. Salade frisée.....	415	2800	2427
10. Poires...........	207	1220	"
(11. Mie de pain).....	360	620	"

Les pouvoirs d'absorption de l'acide que révèlent les pulpes des légumes cuits, des salades et des fruits crus sont d'intensités très différentes. Ils varient de 750 à 3900.

100g de pulpe sèche de choux-fleurs absorbent jusqu'à 3g,9 d'acide chlorhydrique. Les cendres provenant de la même quantité de pulpe se trouvent neutralisées par 520mg du même acide. L'absorption d'acide n'est donc pas en relation avec la teneur en organates de la pulpe. Du reste, la pulpe séparée du liquide est souvent de 7 à 10 fois plus acide que le même poids de liquide dans lequel elle s'est trouvée.

L'acide retenu à l'état libre dans la pulpe se laisse difficilement extraire par un lavage.

En résumé, les pulpes des légumes et des fruits absorbent à la fois les acides et les pepsines. Cette absorption est en relation avec l'état colloïdal de la pulpe. Les pommes et poires ont un pouvoir absorbant relativement faible pour les pepsines et les acides. Les salades de blé, les salades frisées accusent un pouvoir absorbant peu intense pour les pepsines et très prononcé pour les acides. Les légumes cuits agissent à la fois très énergiquement sur les acides et les pepsines.

L'absorption de la pepsine par la pulpe dépend aussi, souvent, de la réaction du milieu; en général, cette absorption augmente avec l'acidité.

Le pouvoir absorbant de 100g de choux-fleurs ou carottes (environ 30g de pulpe) correspond à 80mg ou 90mg d'acide chlorhydrique, dose supérieure à la quantité que l'on prescrit pour un repas dans les cas d'hypochlorhydrie.

De même, la dose médicinale de pepsine que l'on prescrit peut facilement être absorbée par une purée de légumes. L'ensemble des données ainsi obtenues amène à la conclusion que, lors de la prescription d'un régime, il faut prendre en considération le pouvoir absorbant des aliments, et ce, non pas seulement au point de vue de la digestion pepsique, mais aussi au point de vue de la désinfection du tube digestif. Certaines pulpes, comme par exemple celles de carottes et de choux-fleurs, peuvent retenir environ 500^{mg} d'acide chlorhydrique pour 100 de substance humide, et plus de 3^{g} pour 100 de substance sèche. Ces doses massives en acide libre doivent exercer une action antiseptique très efficace, et sûrement supérieure aux antiseptiques employés.

En règle générale, les purées de légumes peuvent être d'une grande utilité quand il s'agit d'une hyper-acidité, mais le même régime peut devenir nuisible quand on se trouve en présence d'un suc pauvre en pepsine ou en acide, ou quand les deux se trouvent en quantité insuffisante.

M. E. **Goursat** fait hommage à l'Académie du Tome III (troisième édition) de son *Cours d'Analyse mathématique : Intégrales infiniment voisines. Équations aux dérivées partielles du second ordre. Équations intégrales. Calcul des variations.*

NOMINATIONS.

M. **Maurice d'Ocagne** est désigné pour représenter l'Académie à l'inauguration du monument de *Henry Bazin*, le 12 novembre, à Dijon, à la place de M. **Georges Lemoine**, précédemment désigné et empêché.

CORRESPONDANCE.

M. **J. Tilho** prie l'Académie de vouloir bien le comprendre au nombre des candidats à la place vacante, dans la Section de Géographie et Navigation, par le décès de M. *L. Favé*.

MM. **L. Antoine**, **D. Bois**, **L. Emberger**, **Ludovic Gaurier**, **Costantino Gorini**, **R. Kœhler**, **Eug. Wollman**, **René Wurmser** adressent des remercîments pour les distinctions que l'Académie a accordées à leurs travaux.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur le développement asymptotique de la meilleure approximation par des polynomes de degrés infiniment croissants des fonctions rationnelles.* Note de M. **Serge Bernstein.**

Dans mes anciennes recherches sur la valeur asymptotique de la meilleure approximation des fonctions analytiques ([1]), je me suis borné à calculer le premier terme du développement asymptotique. Je me propose d'indiquer ici quelques résultats que j'ai obtenus également depuis plusieurs années relativement au calcul des termes successifs de ces développements.

Je m'arrêterai plus spécialement sur la fonction $\left(\frac{1}{x-a}\right)^2$, où $a > 1$, dont je détermine $E_n\left(\frac{1}{x-a}\right)^2$ sur le segment $(-1, +1)$. De la formule

$$(1) \qquad R_n(x) = \frac{1}{x-a} + \frac{\cos(n\varphi + \delta)}{(x^2-1)\left(a+\sqrt{a^2-1}\right)^n} \qquad \left(\cos\varphi = x,\ \cos\delta = \frac{ax-1}{x-a}\right),$$

où $R_n(x)$ est le polynome d'approximation de $\frac{1}{x-a}$, on déduit par différentiation par rapport à a

$$(2) \qquad \left\{ \begin{aligned} & R'_n(x) - \frac{1}{(x-a)^2} = \frac{n}{(a^2-1)^{\frac{3}{2}}\left(a+\sqrt{a^2-1}\right)^n} \\ & \times\left[\left(1 + \frac{2a}{n\sqrt{a^2-1}}\right)\cos(n\varphi + \delta) - \frac{1}{n}\frac{\sqrt{1-x^2}}{(x-n)}\sin(n\varphi + 1)\right]. \end{aligned} \right.$$

La formule (2) donne immédiatement mon ancien résultat :

$$E_n\left(\frac{1}{x-a}\right)^2 \sim \frac{n}{(a^2-1)^{\frac{3}{2}}\left(a+\sqrt{a^2-1}\right)^n}.$$

Le problème de la recherche des termes successifs de E_n se ramène à la détermination du polynome d'approximation de

$$\left(1 + \frac{2a}{n\sqrt{a^2-1}}\right)\cos(n\varphi + \delta) - \lambda\frac{\sqrt{1-x^2}}{x-a}\sin(n\varphi + \delta)$$

pour $1 = \frac{1}{n}$, dont on peut effectuer le développement suivant les puissances

---

([1]) *Bulletin de l'Académie de Belgique*, 1913. — *Comptes rendus*, t. 158, 1914, p. 467.

de λ d'après la méthode générale indiquée dans mon Mémoire couronné par l'Académie de Belgique, *Sur l'ordre de la meilleure approximation des fonctions continues*, en remarquant que le polynome d'approximation $P'_n(x, 0) = 0$ et la meilleure approximation $L_n(0) = 1 + \frac{2a}{n\sqrt{a^2-1}}$.

Pour déterminer $\frac{dL_n(0)}{d\lambda}$ on a ainsi $(n+2)$ équations

$$\pm \frac{dL(0)}{d\lambda} + P'_\lambda(x_i, 0) = 0$$

[x_i sont les points d'écart de $\cos(n\varphi + \delta)$] qui conduisent à $\frac{dL_n(0)}{d\lambda} = 0$; ainsi il n'y a pas de terme en λ à la première puissance.

Pour calculer $\frac{d^2L_n(0)}{d\lambda^2}$ on a alors les $(n+2)$ équations

$$P''_{\lambda^2}(x_i, 0) \pm \frac{d^2L_n(0)}{d\lambda^2}$$
$$= -\frac{1}{1+\frac{2a}{n\sqrt{a^2-1}}} \frac{\left\{\frac{d}{dx}\left[\frac{\sqrt{1-x_i^2}}{x_i-a}\sin(n\varphi_i+\delta_i)\right]\right\}^2}{\frac{d^2}{dx^2}[\cos(x\varphi_i+\delta_i)]} = \pm \frac{\frac{1-x_i^2}{(x_i-a)^2}}{1+\frac{2a}{n\sqrt{a^2-1}}}.$$

En remarquant que le polynome qui s'annule aux points X_i se réduit à

$$S(x) = \sqrt{1-x^2}\,(x-a)\sin(n\varphi+\delta),$$

on trouve

$$P''_{\lambda^2}(x, 0) = \left[\sum \frac{\frac{1-x_i^2}{(x_i-a)^2\left(1+\frac{2a}{n\sqrt{a^2-1}}\right)} - \rho}{(x-x_i)\left[n(x_i-a)-\sqrt{a^2-1}\right]}\right] S(x),$$

où $\rho = \left|\frac{d^2L_n(0)}{d\lambda^2}\right|$ doit être déterminé par la condition que $P''_{\lambda^2}(x, 0)$ soit un polynome de degré n. Par conséquent

$$\rho \sum \frac{1}{n(x_i-a)-\sqrt{a^2-1}} = \sum \frac{1-x_i^2}{\left(1+\frac{2a}{n\sqrt{a^2-1}}\right)(x_i-a)^2\left[n(x_i-a)-\sqrt{a^2-1}\right]}.$$

En négligeant dans cette expression les termes en $\frac{1}{n}$, on trouve facilement

$$\lim_{n=\infty} \rho = \lim \frac{\sum \frac{1-x_i^2}{(x_i-a)^3}}{\sum \frac{1}{x_i-a}} = \frac{\int_0^\pi \frac{\sin^2\varphi}{(\cos\varphi-a)^3}\,d\mu}{\int_0^\pi \frac{d\varphi}{\cos\varphi-a}} = \frac{1}{2(a^2-1)}.$$

On pourrait pousser les calculs plus loin et déterminer $\frac{d^3L(0)}{d\lambda^3}$, mais les calculs deviennent compliqués et je n'ai pas essayé de les simplifier. En nous arrêtant donc au troisième terme, nous avons

$$E_n\left(\frac{1}{x-a}\right)^2 \sim \frac{n}{(a^2-1)^{\frac{3}{2}}(a+\sqrt{a^2-1})^n}\left[1+\frac{2a}{n\sqrt{a^2-1}}+\frac{1}{4n^2(a^2-1)}\right].$$

On pourrait appliquer la même méthode à d'autres fonctions rationnelles et, en particulier, calculer les expressions asymptotiques de $E_n\left(\frac{1}{x-a}\right)^K$. Je me bornerai à ajouter le second terme aux valeurs que j'ai données autrefois. Ainsi

$$E_n\left(\frac{1}{x-a}\right)^K \sim \frac{n^{K-1}}{(a^2-1)^{\frac{K+1}{2}}(a+\sqrt{a^2-1})^n}\left[\frac{1}{(K-1)!}+\frac{(K+2)a}{2n\sqrt{a^2-1}}\,\frac{1}{(K-2)}\right].$$

CALCUL DES PROBABILITÉS. — *Sur un problème du calcul des probabilités et les statistiques mathématiques.* Note de M. **Birger Meidell**, présentée par M. Émile Borel.

Le théorème fondamental de Tchebycheff sur les probabilités des erreurs plus grandes que l'erreur moyenne est, on le sait, d'une grande portée, surtout pour le calcul des probabilités et les statistiques mathématiques. Nous allons faire quelques considérations autour de ce problème.

Soit $\varphi(x)\,dx$ la probabilité pour que le résultat d'une observation, ou bien d'un examen statistique d'un phénomène quelconque, nous donne la valeur x. Si alors x est assujetti à prendre une valeur dans les limites (A, B), on doit avoir

$$\int_A^B \varphi(x)\,dx = 1. \tag{1}$$

Soit x_0 *la valeur la plus probable* des x, c'est-à-dire la valeur pour laquelle $\varphi(x)$ est maximum. Je vais alors définir [1] *l'erreur moyenne m*, par l'équa-

[1] Cette définition diffère de la définition ordinaire, qui mesure les écarts, les erreurs, non par rapport à la valeur x_0, mais par rapport à la *valeur probable* x^0, qui serait, dans notre cas, définie par $x^0 = \int_A^B x\varphi(x)\,dx$.

Il n'est pas certain *a priori* que $x^0 = x_0$, et, quoique cela est admis en pratique, nous n'allons pas faire cette supposition pour ne pas nuire à la généralité de notre recherche.

tion [1]

$$m^{2n} = \int_{A}^{B} (x - x_0)^{2n} \varphi(x)\, dx. \tag{2}$$

Soit d une quantité positive telle que les valeurs $x_0 - d$ et $x_0 + d$ sont comprises dans l'intervalle (A, B) et écrivons

$$m^{2n} = \int_{A}^{x_0-d} (x - x_0)^{2n} \varphi(x)\, dx + \int_{x_0+d}^{B} + \int_{x_0-d}^{x_0} + \int_{x_0}^{x_0+d}; \tag{3}$$

alors on voit que la somme S_1 des deux premières intégrales sera, comme $|x - x_0| > d$,

$$S_1 > d^{2n} \left[\int_{A}^{x_0-d} \varphi(x)\, dx + \int_{x_0+d}^{B} \varphi(x)\, dx \right]. \tag{4}$$

Quant aux deux autres intégrales, j'ai démontré ailleurs [2] que lorsque $f(x)$ et $\varphi(x)$ sont deux fonctions monotones en (a, b), l'une croissante et l'autre décroissante quand x croît de a à b, on a

$$\int_a^b f(x)\varphi(x)\, dx > f(a) \int_a^S \varphi(x)\, dx + f(b) \int_S^b \varphi(x)\, dx,$$

où

$$S = \frac{b f(b) - a f(a) - \int_a^b f(x)\, dx}{f(b) - f(a)},$$

théorème dans lequel on peut permuter f et φ. On voit que ces conditions sont remplies pour les deux intégrales en question [3], et nous trouvons

$$\int_{x_0-d}^{x_0} (x - x_0)^{2n} \varphi(x)\, dx > (-d)^{2n} \int_{x_0-d}^{x_0 - \frac{2n}{2n+1} d} \varphi(x)\, dx, \tag{5}$$

et également

$$\int_{x_0}^{x_0+d} (x - x_0)^{2n} \varphi(x)\, dx > d^{2n} \int_{x_0 + \frac{2n}{2n+1} d}^{x_0+d} \varphi(x)\, dx,$$

---

(1) On doit à M. Guldberg d'avoir (dans une Note récente sur le même sujet) montré l'avantage qu'il peut y avoir à introduire dans la théorie des erreurs moyennes les puissances supérieures à 2.

(2) *Quelques inégalités sur les fonctions monotones* (*Skandinavisk Aktuarietidsskrift*, Häft 4, 1921).

(3) Il est sous-entendu que $\varphi(x)$ ne possède qu'un seul maximum.

et en joignant (5) et (4) et en divisant en (3) par d^n nous avons finalement

$$(6) \qquad \left(\frac{m}{d}\right)^{2n} > \int_{x_0-d}^{x_0-\frac{2n}{2n+1}d} \varphi(x)\,dx + \int_{x_0+\frac{2n}{2n+1}d}^{x_0+d} + \int_{A}^{x_0-d} + \int_{x_0+d},$$

ce qui, à l'aide de (1), se réduit à

$$1 - \int_{x_0-\frac{2n}{2n+1}d}^{x_0+\frac{2n}{2n+1}d} \varphi(x)\,dx.$$

En posant $\frac{2n}{2n+1}d = \lambda m$, et par conséquent

$$\left(\frac{m}{d}\right)^{2n} = \frac{1}{\left(1+\frac{1}{2n}\right)^{2n}\lambda^{2n}},$$

on a donc trouvé le théorème suivant :

Soit x une quantité quelconque, assujettie à prendre une valeur entre A *et* B, *et soit $\varphi(v)$ sa loi de répartition, telle que $\varphi(x)\,dx$ désignera la probabilité pour qu'elle prenne la valeur x. Il existe alors, quand $\varphi(x)$ ne possède qu'un seul maximum en* (A, B), *une probabilité* $P > 1 - \frac{1}{\left(1+\frac{1}{2n}\right)^{2n}\lambda^{2n}}$ *pour que la valeur numérique d'un écart par rapport à la valeur la plus probable x_0, ne surpasse pas le multiple λm de l'erreur moyenne, m étant défini par l'équation*

$$m^{2n} = \int_A^B (x-x_0)^{2n}\,\varphi(x)\,dx.$$

Dans le cas ordinaire $n=1$ nous trouvons $P > 1 - \frac{4}{9}\frac{1}{\lambda^2}$, tandis que le théorème de Tchebycheff nous donnerait pour la probabilité correspondante $P > 1 - \frac{1}{\lambda^2}$. Surtout dans le cas important $\lambda = 1$ la différence est sensible. Nous trouvons dans ce cas *pour la probabilité* P *d'un écart au plus égal à l'erreur moyenne* $P > 0{,}556$, *tandis que* $1 - \frac{1}{\lambda^2}$ *s'annule.* [En admettant pour $\varphi(v)$ la loi de Bernoulli ou de Gauss on trouve dans ce cas, on le sait, $P = \Theta\left(\frac{1}{\sqrt{2}}\right) = 0{,}683$.]

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur les singularités des fonctions automorphes.* Note de M. **P.-J. Myrberg.** (Rectification.)

Dans ma Note, insérée aux *Comptes rendus* du 23 octobre, les sept premières lignes de la page 675 doivent être remplacées par les suivantes :

I. (σ) *étant une suite indéfinie de substitutions choisies arbitrairement parmi les substitutions* (1), *on peut toujours en extraire une suite partielle* $(\sigma)'$, *telle qu'il existe* $n+1$ *points qui ne sont pas situés dans un même hyperplan* $\Sigma a_k y_k = 0$ *et dont les transformées par les substitutions* $(\sigma)'$ *convergent vers le même point-limite* P.

Soit (m) l'ensemble fermé composé des points P — auxquels on arrive en choisissant de différentes manières les suites (σ) et $(\sigma)'$ et les $n+1$ points correspondants — et de leurs points-limite.

PHYSIQUE THÉORIQUE. — *Sur la gravitation dans la mécanique classique et dans la théorie d'Einstein.* Note de M. **J. Le Roux**, présentée par M. G. Kœnigs.

Les résultats fournis par la théorie de la gravitation d'Einstein ont semblé, au premier abord, concorder remarquablement avec l'observation, particulièrement dans le cas du mouvement séculaire du périhélie de Mercure.

Cependant, pour arriver à cette conclusion, on est obligé d'admettre que les perturbations dues aux actions mutuelles des planètes conservent, dans la théorie d'Einstein, à peu près les mêmes valeurs que dans la mécanique classique. Si l'on supprime les perturbations, la concordance disparaît.

Or il arrive précisément que l'hypothèse fondamentale d'Einstein est incompatible avec l'existence des actions mutuelles et des perturbations, telles qu'on les considère dans la mécanique classique. C'est principalement dans la considération des systèmes que l'on voit paraître entre les deux théories une différence essentielle dont il importe de faire ressortir les conséquences.

Dans la mécanique classique, le problème des $n+1$ points est le schéma de la théorie générale de la gravitation. Parmi les propriétés des équations différentielles du mouvement, il faut signaler surtout les suivantes : 1° les

équations du mouvement de chaque point contiennent à la fois les coordonnées du point considéré et celles de tous les autres points du système ; 2° par l'intégration de ces équations les coordonnées de tous les points s'expriment en fonction d'une même variable.

La première propriété correspond à l'existence des actions mutuelles et des perturbations. Il en résulte une solidarité telle qu'il est impossible d'intégrer séparément les équations d'un point ou d'une fraction du système. Il faut considérer l'ensemble tout entier qui forme un tout irréductible.

En vertu de la seconde propriété il existe entre les points du système une correspondance ou une coordination telle qu'à toute position de l'un des éléments correspondent des positions déterminées de tous les autres.

Cette solidarité des mouvements est le caractère essentiel de la gravitation dans la mécanique classique.

Dans la théorie d'Einstein il n'existe rien de semblable. L'hypothèse fondamentale, celle qui sert de base à tous les calculs, consiste en effet à admettre l'existence d'une forme quadratique de différentielles à *quatre variables*

$$ds^2 = \Sigma g_{ik}\, dx_i\, dx_k$$

dont les géodésiques définissent les mouvements des points soumis à l'influence de la gravitation.

Les équations du mouvement d'un point, établies d'après cette hypothèse, ne contiennent que les quatre coordonnées de ce point. On peut les intégrer sans avoir à se préoccuper des mouvements concomitants des autres mobiles. Le problème des $n+1$ points prend donc dans la Mécanique d'Einstein une simplification singulière et inattendue, dès que la forme quadratique fondamentale a été calculée. Il n'y a pas de solidarité, pas d'actions naturelles, donc pas de perturbations.

Il n'y a pas non plus de coordination. Considérons en particulier deux des points du système, définis respectivement par leurs quatre coordonnées d'espace-temps : $P_x(x_1, x_2, x_3, x_4)$ et $P_y(y_1, y_2, y_3, y_4)$. Les équations différentielles du mouvement de chaque point, jointes aux conditions initiales, permettront d'exprimer trois des coordonnées du point en fonction de la quatrième. D'après cela, on pourra regarder x_1, x_2, x_3, comme des fonctions de x_4, et y_1, y_2, y_3 comme des fonctions de y_4. Par contre ces équations n'établissent aucune relation entre x_4 et y_4.

Le mouvement de chaque point dépend donc d'une seule variable, mais il n'existe aucune relation nécessaire entre les variables auxquelles on rapporte les mouvements de deux points différents. Ce résultat correspond à

l'absence de toute corrélation nécessaire entre les points de deux géodésiques différentes d'une même surface.

Ces remarques paraissent importantes au point de vue théorique. La confrontation avec l'expérience dans le cas particulier du mouvement du périhélie de Mercure donne lieu aux constatations suivantes.

L'avance séculaire constatée est de 574″. La théorie de Newton, qui entraîne les perturbations, fournit une explication satisfaisante jusqu'à une limite maxima de 536″, avec un résidu minimum inexpliqué de 38″.

Dans la théorie d'Einstein, le mouvement déduit du ds^2 calculé par Schwarzschild donnerait, pour Mercure, une avance séculaire de 42″,9. Mais, comme cette théorie exclut les perturbations dues aux actions mutuelles, il subsiste un résidu inexpliqué de 531″.

Tel est le résultat brutal.

On pourrait concevoir un perfectionnement de la forme quadratique de Schwarzschild. Si l'on arrivait à calculer un ds^2 à *quatre variables seulement*, fournissant une représentation satisfaisante des mouvements des planètes avec toutes leurs inégalités périodiques et séculaires, on aurait vraiment réalisé un progrès très important et fort singulier.

En attendant, on doit constater que la théorie d'Einstein, dans son état actuel, ne permet ni d'expliquer ni de prévoir, même avec l'approximation la plus grossière, le mouvement séculaire du périhélie de Mercure.

OPTIQUE. — *Sur les interférences et la théorie des quanta de lumière.* Note de M. **Louis de Broglie**, présentée par M. Deslandres.

Les progrès récents de la Physique dans le domaine de l'émission et de l'absorption des radiations attirent de plus en plus l'attention sur la théorie des quanta de lumière suivant laquelle l'énergie de toutes les radiations (hertzienne, lumineuse, X ou γ) serait concentrée en petits éléments indivisibles, égaux à $h\nu$ (1) constituant, en quelque sorte, les « atomes de lumière » de la fréquence ν considérée. Ces atomes de lumière pourraient d'ailleurs, en certains cas, s'agglomérer en molécules. L'explication par la théorie des quanta de lumière des phénomènes jusqu'ici interprétés par l'hypothèse des ondulations tels qu'interférence, diffusion, dispersion, etc., paraît fort pénible, et pour la mener à bien, il faudra sans doute faire un compromis

(1) h = constante de Planck = $6{,}55 \cdot 10^{-27}$ erg-sec.

entre l'ancienne théorie et la nouvelle en introduisant dans celle-ci la notion de périodicité. Quand cette synthèse aura été faite, les équations de Maxwell apparaîtront sans doute comme une approximation continue (valable dans beaucoup de cas, mais non dans tous) de la structure discontinue de l'énergie radiante, comme les équations continues de l'hydrodynamique représentent, d'une façon satisfaisante, les mouvements à notre échelle des fluides dont la structure atomique ne fait plus aucun doute.

Ici, nous voulons insister sur une idée susceptible peut-être de faciliter la construction d'une théorie des interférences en harmonie avec l'existence des quanta de lumière.

On sait que les fluctuations du rayonnement noir dans un volume V d'une enceinte en équilibre thermique sont régies par la relation

$$\overline{\varepsilon^2} = k\mathrm{T}^2 \frac{d\mathrm{E}}{d\mathrm{T}} \quad [1]$$

[T température de l'enceinte, k constante de Boltzmann, ε écart par rapport à sa valeur moyenne E de la valeur instantanée de l'énergie de fréquence ν et d'intervalle spectral $d\nu$ contenu dans le volume V].

Si l'on suppose d'abord le rayonnement noir régi par la loi de distribution spectrale de Rayleigh-Jeans $\mathrm{E} = \frac{8\pi k}{c^3}\nu^2\,\mathrm{TV}\,d\nu$, on trouve

$$\overline{\varepsilon^2} = \frac{c^3}{8\pi\nu^2\,d\nu} \times \frac{\mathrm{E}^2}{\mathrm{V}},$$

et ce résultat, comme on devait s'y attendre, coïncide avec celui que fournit le calcul des interférences du rayonnement noir conduit d'après les règles de la théorie électromagnétique.

Si l'on adopte comme loi de distribution la loi de Wien

$$\mathrm{E} = \frac{8\pi h}{c^3}\nu^3 e^{-\frac{h\nu}{k\mathrm{T}}}\,\mathrm{V}\,d\nu$$

qui correspond à l'hypothèse d'une radiation entièrement fractionnée en quanta $h\nu$, on trouve $\overline{\varepsilon^2} = h\nu\mathrm{E}$, résultat facile à retrouver en raisonnant directement sur les fluctuations des quanta de lumière.

---

[1] Voir LORENTZ, *Les théories statistiques en Thermodynamique* (Conférence au Collège de France) rédigées par M. DUNOYER, Hermann, p. 71.

Enfin, dans le cas *réel*, celui de la loi de Planck

$$E = \frac{8\pi h}{c^3} \nu^3 \frac{1}{e^{\frac{h\nu}{kT}} - 1} V\,d\nu,$$

on trouve, comme M. Einstein l'a montré au Congrès de Bruxelles en 1911,

$$\overline{\varepsilon^2} = h\nu E + \frac{c^3}{8\pi\nu^2\,d\nu} \frac{E^2}{V};$$

$\overline{\varepsilon^2}$ est donc la somme de ce qu'il serait : 1° si la radiation était purement ondulatoire; 2° si la radiation était entièrement divisée en quanta $h\nu$.

Au point de vue de la théorie des quanta de lumière, il paraît logique d'écrire la formule de Planck sous la forme suivante :

$$E = \frac{8\pi h}{c^3} \nu^3 e^{-\frac{h\nu}{kT}} V\,d\nu + \frac{8\pi h}{c^3} \nu^3 e^{-\frac{2h\nu}{kT}} V\,d\nu + \ldots$$

$$= \sum_1^\infty {}_n \frac{8\pi h}{c^3} \nu^3 e^{-\frac{nh\nu}{kT}} V\,d\nu = E_1 + E_2 + \ldots + E_n + \ldots.$$

Le premier terme E_1 correspondrait à l'énergie divisée en quanta $h\nu$, le second E_2 à l'énergie divisée en quanta $2h\nu$ (molécules de lumière à 2 at), et ainsi de suite. La formule des fluctuations donne alors

$$\overline{\varepsilon^2} = h\nu E_1 + 2h\nu E_2 + 3h\nu E_3 + \ldots = \sum_1^\infty {}_n\, n\, h\nu E_n,$$

et cette formule est bien celle qui correspond à un « gaz de lumière » formé de molécules et d'atomes. Naturellement, cette nouvelle forme est identique au fond à celle d'Einstein en raison de l'identité facile à vérifier

$$\sum_2^\infty {}_n (n-1)\, h\nu E_n = \frac{c^3}{8\pi\nu^2\,d\nu} \frac{E^2}{V}.$$

Si l'on examine bien ces formules, on verra qu'elles ont la signification suivante : Au point de vue des quanta de lumière, les phénomènes d'interférences paraissent liés à l'existence d'agglomérations d'atomes de lumière dont les mouvements ne sont pas indépendants, sont cohérents. Dès lors, il est naturel de supposer que si la théorie des quanta de lumière parvient un jour à interpréter les interférences, elle devra faire intervenir de telles agglomérations de quanta.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Analyse magnétique des silicates et des acides siliciques.* Note [1] de M. **Paul Pascal**, présentée par M. H. Le Chatelier.

La détermination des susceptibilités moléculaires des silicates d'éthyle a donné les résultats suivants :

$Si(OC^2H^5)^4$	-1380.10^{-7}	et	-1374.10^{-7}
$Si^2O(OC^2H^5)^6$	-2173.10^{-7}	et	-2169.10^{-7}

Défalquant de ces nombres la part contributive des radicaux (OC^2H^5), on obtient pour les groupes siliciés les valeurs

				Moyenne.
Si	-130.10^{-7}	et	-124.10^{-7}	-127.10^{-7}
Si^2O	-298.10^{-7}	et	-294.10^{-7}	-296.10^{-7}

Dans le dernier groupement, l'oxygène compte pour $-(296-2\times127).10^{-7}$, soit -42.10^{-7}, c'est-à-dire presque exactement l'apport -46.10^{-7} de l'oxygène des éthers-oxydes ou des radicaux hydroxylés. L'acide silicique $Si^2O^7H^6$ se comporte donc bien comme un produit d'anhydrisation de l'acide orthosilicique SiO^4H^4, et l'on est fondé à lui attribuer la formule développée

$$(OH)^3Si-O-Si(OH)^3.$$

Les déterminations précédentes, relatives à des éthers-sels, permettent de remonter aux propriétés magnétiques des acides correspondants, grâce aux règles d'additivité vérifiées directement dans un très grand nombre de cas; l'étude de la silice anhydre $O=Si=O$ permet le même calcul pour l'acide métasilicique $O=Si(OH)^2$.

On obtient ainsi les valeurs théoriques suivantes des susceptibilités moléculaires χ_m et spécifiqnes χ_s :

		χ_m.	χ_s.
O.	$Si(OH)^4$	-426.10^{-7}	$-4,42.10^{-7}$
H.	$Si^2O(OH)^6$	-747.10^{-7}	$-4,28.10^{-7}$
M.	$SiO(OH)^2$	-333.10^{-7}	$-4,26.10^{-7}$

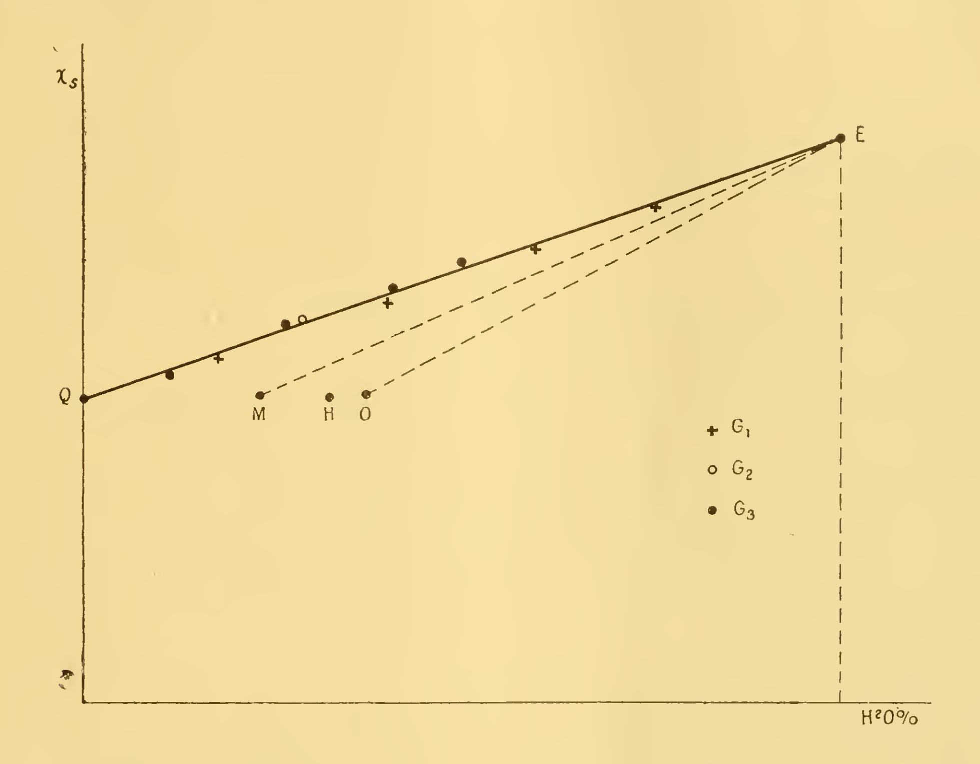
Reste à savoir si ces acides, ou d'autres acides plus condensés, pourraient être magnétiquement décelés dans les gels de silice et dans la silice précipitée où Tschermack a cru voir tant d'acides siliciques distincts.

S'il en était ainsi, et si les échantillons de « silice hydratée » ne conte-

---

[1] Séance du 30 octobre 1922.

naient qu'un seul acide constituant imbibé d'eau, les susceptibilités spécifiques devraient être représentées en fonction du degré d'hydratation par les divers points des droites joignant le point figuratif E de l'eau aux points figuratifs O, H, M, .., des acides précédents (voir la figure). S'il y avait,



dans le gel, un mélange d'acides, la susceptibilité correspondrait à un point intérieur au quadrilatère EMHO. Nous avons soumis à l'analyse magnétique trois sortes de « silice hydratée » :

1° Le gel G_1, obtenu en faisant diffuser des vapeurs de tétrachlorure de silicium vers de l'eau glacée; il titrait initialement 5,2 pour 100 de silice et on en a suivi la déshydratation progressive à 10°, après purification par dialyse.

2° Le gel G_2, obtenu de la même façon, mais déshydraté à 60°.

3° La silice grenue G_3, obtenue en faisant arriver dans du tétrachlorure de silicium refroidi un courant d'air chargé de vapeur d'eau, ou de fines gouttes d'alcool aqueux à 40 pour 100.

Voici, pour diverses teneurs en eau, quelques-unes des susceptibilités spécifiques relevées χ_s :

G₁.		G₂.		G₃.	
H^2O pour 100	χ_s	H^2O pour 100	χ_s	H^2O pour 100	χ_s
72,5....	$-6,26.10^{-7}$	30,2....	$-4,99.10^{-7}$	48,5....	$-5,62.10^{-7}$
58,41...	5,85	17,2....	4,55	39.6....	5,35
39,52...	5,22	0......	4,01	29,3....	4,97
20,14...	4,65			0......	3,97

Nous avons enfin comparé la silice anhydre, obtenue chaque fois, au quartz hyalin le plus pur. Ces deux variétés de silice sont magnétiquement identiques, car la susceptibilité spécifique du quartz a été trouvée égale à $-4,02.10^{-7}$.

Si l'on trace alors sur la figure 1 les points figuratifs de nos expériences, on constate aussitôt qu'ils s'alignent remarquablement sur la droite EQ des deux points correspondant à l'eau et au quartz.

Toutes les formes de « silice hydratée » étudiées précédemment, quelle que soit l'étape considérée de leur déshydratation, se comportent donc magnétiquement comme un mélange pur et simple de silice anhydre et d'eau; dans l'ignorance où nous nous trouvons encore de l'état de condensation de l'eau dans le gel et de l'importance relative des inclusions gazeuses, il est difficile de conclure des mesures de densités à la présence de silice amorphe ou de silice cristallisée.

L'analyse magnétique, que nous allons d'ailleurs appliquer à l'étude d'autres colloïdes minéraux, nous fournit en tout cas un argument quantitatif des plus nets contre l'existence d'acides définis dans les « silices hydratées »; elle vient renforcer ainsi les conclusions également négatives qui découlaient en particulier des recherches de Van Bemmalen et des expériences plus récentes de M. H. Le Chatelier.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur la préparation du nickel actif pour la catalyse organique.* Note de M. **André Brochet**, présentée par M. A. Haller.

L'étude de l'hydrogénation catalytique est excessivement complexe. Il suffit pour s'en rendre compte de parcourir ce qui a été publié sur ce sujet : mémoires scientifiques, articles techniques, textes de brevets, etc., et l'on constate des divergences considérables soit entre les dires de différents auteurs, soit, quelquefois, entre les dires du même auteur.

Le cas le plus caractéristique est celui de l'empoisonnement du catalyseur. Suivant certains auteurs, l'oxyde de carbone, les composés sulfurés, par exemple, sont des poisons du nickel actif et, à dose plus ou moins forte, font perdre au catalyseur toute son activité. Suivant d'autres, ces mêmes produits n'entravent pas la préparation et même peuvent être employés comme matières premières donnant lieu à des réactions intéressantes.

Du fait que l'on a admis que le nickel actif, par exemple, jouissait d'une sorte de vie, on a été tenté de voir, dans les poisons de la vie animale, les poisons du catalyseur, et en présence d'un échec, dû à une cause ignorée, l'accident a souvent été mis, sans preuve, sur le compte d'un poison bien défini.

L'étude de l'hydrogénation des liquides, au moyen des métaux communs(¹), m'a amené à préparer, de fin 1911 à juillet 1914, près de cinq cents échantillons de nickel actif et à faire plus de six cents hydrogénations en présence de métaux différents, soit sous la pression atmosphérique dans des appareils de verre, soit sous pression en autoclave. Mon étude est restée inachevée, mais je crois intéressant de donner quelques-uns des résultats obtenus. Je m'occuperai, actuellement, uniquement du nickel actif.

D'une façon générale, pour les raisons précités, j'ai été guidé moins par le désir d'obtenir un catalyseur de grande activité, que par celui d'obtenir un catalyseur aussi constant, aussi régulier que possible, d'une opération à l'autre.

Au cours de mes premiers essais, 1911-1912, j'ai préparé le nickel actif suivant les indications de MM. Sabatier et Senderens. Après avoir essayé, comme matière première, l'oxyde provenant de la calcination de différents composés : hydrate d'oxyde, carbonate, nitrate, oxalate, etc., je me suis adressé au produit désigné dans le commerce sous le nom d'oxyde de nickel hydraté. Cela m'a permis d'avoir, en abondance, une matière première bien déterminée, dont je m'étais procuré 10^{kg}, de deux marques différentes, au moyen desquels j'ai pu faire la plupart de mes essais.

Ce produit est en réalité un hydrocarbonate dont j'effectuais la calcination, par 500^{g}, dans une capsule de nickel, en agitant constamment au moyen d'une spatule de nickel, jusqu'à cessation de dégagement gazeux et poids constant. J'obtenais ainsi l'oxyde noir me permettant de préparer le catalyseur.

La réduction était effectuée au moyen d'hydrogène électrolytique préparé

(¹) André Brochet, *Comptes rendus*, t. 158, 1914, p. 135.

sur place, dans des tubes de verre pouvant contenir 10^g, 25^g ou 50^g d'oxyde, placés dans des gaines chauffées électriquement. La température était maintenue uniformément à 300° pendant 48 heures. Ce n'est qu'exceptionnellement, pour des raisons bien déterminées, que j'ai apporté des changements à ces conditions.

Le catalyseur ainsi obtenu, étant pyrophorique, devait être noyé à l'abri de l'air, dans le produit à hydrogéner fondu, ou dans un solvant. A cet effet, le liquide, chauffé vers 80°-100°, était aspiré dans le tube au moyen d'une trompe, sur le nickel refroidi à cette température. J'ai appelé nickel vif cette variété de catalyseur.

L'obtention de nickel pyrophorique est un gros inconvénient, car il ne peut être manipulé au contact de l'air et ne peut être de ce fait ni pesé, ni étudié, et il faut, pour avoir la proportion exacte du catalyseur utilisé, en faire une préparation pour chaque hydrogénation.

J'ai pensé qu'en chassant l'hydrogène, on pourrait obtenir un nickel non pyrophorique. C'est ce que j'ai observé. En faisant passer sur le nickel chaud de la vapeur d'eau ou un gaz inerte, azote, gaz carbonique, et en laissant ainsi refroidir à l'abri de l'air, on obtient un produit qui n'est plus pyrophorique et qui est toujours actif. On arrive au même résultat en faisant le vide à plusieurs reprises et en introduisant à chaque fois un gaz inerte.

J'avais achevé ces recherches (1913) lorsque j'ai appris que l'emploi du gaz carbonique avait été indiqué par Kayser (Brevet américain n° 1001279) pour rendre non pyrophorique le nickel préparé par réduction de l'oxyde à 500°-600°.

De tous les systèmes que j'ai essayés, c'est l'emploi du gaz carbonique qui donne les meilleurs résultats, c'est à lui que je me suis uniquement adressé pour mes recherches, d'où le nom de nickel-carbonique que j'ai donné au catalyseur ainsi préparé.

Il est facile de constater, en faisant arriver le gaz carbonique sur le nickel chauffé et venant d'être réduit, qu'il y a diminution du volume gazeux, probablement du fait de la formation de méthane entre l'hydrogène et le gaz carbonique.

Enfin j'ai constaté (1914) que le produit pulvérulent résultant de la calcination des sels de nickel, à l'abri de l'air, agissait comme catalyseur hydrogénant [1]. Dans le cas du formiate de nickel, sel que j'ai employé de

---

(1) André Brochet, *Bull. Soc. Chim.*, 4e série, t. 27, 1920, p. 897.

préférence, il se dégage théoriquement de l'hydrogène et du gaz carbonique, mais j'ai trouvé également une certaine quantité d'oxyde de carbone dans les gaz dégagés. J'ai donné à ce catalyseur le nom de nickel-formique. Comme le précédent, il n'est pas pyrophorique.

Le catalyseur au formiate ou à l'oxalate peut être employé avantageusement pour préparer rapidement un tube-laboratoire destiné à faire l'hydrogénation des gaz et des vapeurs par la méthode de MM. Sabatier et Senderens. Il suffit d'enrober soit des grains de pierre ponce ou de brique, soit des tortillons de toile métallique (nickel ou fer), comme ceux employés en analyse organique, en remplaçant la bouillie d'oxyde indiquée par M. Brunel (1) par une bouillie de formiate ou d'oxalate de nickel. Après dessiccation, grains ou tortillons sont introduits dans le tube. Celui-ci est chauffé à 250°-300°, jusqu'à ce que l'on ne constate plus de dégagement gazeux, ce qui demande moins d'une heure, et le tube est prêt à servir.

Les trois variétés de nickel actif, dont j'ai indiqué ci-dessus la préparation, possèdent sensiblement les mêmes propriétés catalytiques.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur un glucoside arsenical : le « diglucosidodioxydiamino-arsénobenzène.* Note (2) de MM. **A. Aubry** et **E. Dormoy**, présentée par M. Charles Moureu.

Divers auteurs ont constaté que les amines aromatiques pouvaient se combiner au glucose, avec élimination d'eau. Schiff (3), le premier, a montré que le glucose donne, avec l'aniline, un composé auquel il attribua la formule

$$CH^2OH - (CHOH)^4 - CH = N - C^6H^5.$$

Les travaux de Sokorin (4), Marchlewski (5), Irvine et M. Moodie (6), Irvine et Gilmour (7) ont établi que l'on devait considérer ce composé et les divers corps obtenus par l'action du glucose sur les amines aromatiques

(1) Brunel, *Ann. Chim. Phys.*, 8e série, t. 6, 1905, p. 205.
(2) Séance du 30 octobre 1922.
(3) Schiff, *Liebigs Ann.*, t. 140, p. 23; t. 150, p. 30; *Ber. chem. Ges.*, t. 4, p. 908.
(4) Sokorin, *Ber. chem. Ges.*, t. 19, p. 513; *J. prakt. Chem.*, t. 37, 1888, p. 291.
(5) Marchlewski, *J. prakt. Chem.*, t. 50, 1894, p. 95.
(6) Irvine et M. Moodie, *Chem. Soc.*, t. 93, 1908, p. 95.
(7) Irvine et Gilmour, *Chem. Soc.*, t. 93, p. 1429.

comme de véritables glucosides de formule générale

$$CH^2OH - CHOH - \underbrace{CH - CHOH - CHOH - CH}_{O} - N\begin{matrix} H \\ R \end{matrix},$$

possédant la liaison γ-oxydique caractéristique.

Nous avons essayé, en suivant la méthode employée par ces différents auteurs, de faire réagir le glucose sur les fonctions amines du dioxydiamino-arsenobenzène, composé bien connu sous le nom de « 606 ». Nous pensions obtenir ainsi, soit un monoglucoside, de formule

$$\begin{matrix} OH \\ NH^2 \end{matrix} > C^6H^3 - As = As - C^6H^3 < \begin{matrix} OH \\ NH - C^6H^{11}O^5, \end{matrix}$$

soit un diglucoside, de formule

$$\begin{matrix} OH \\ C^6H^{11}O^5 - NH \end{matrix} > C^6H^3 - As = As - C^6H^3 < \begin{matrix} OH \\ NH - C^6H^{11}O^5. \end{matrix}$$

En fait, nous avons obtenu une poudre jaune clair, microcristalline, très légère, très soluble dans l'eau, présentant les propriétés suivantes :

Pouvoir rotatoire. — Ce composé est lévogyre. En solution aqueuse,

$$\alpha_D = -560^\circ \; (\alpha = -5^\circ,60;\; v = 100;\; l = 2;\; p = 0^g,5000).$$

Hydrolyse. — Le produit, en solution aqueuse, s'hydrolyse lentement, même en l'absence d'acide libre. Ainsi, une solution aqueuse de rotation $\alpha = -4^\circ,30$ ne possédait plus, après 20 jours, qu'une rotation de $\alpha = -1^\circ,02$.

En 20 jours, il s'est détruit plus de 60 pour 100 du glucoside en solution. Il est à remarquer que la base arsenicale, insoluble dans l'eau, ne se précipite de la solution que vers la fin de l'hydrolyse; tout se passe comme si le diglucoside donnait d'abord naissance à une molécule de glucose et à une molécule de monoglucoside, lequel s'hydrolyserait à son tour en glucose et dioxydiamino-arsénobenzol. En présence d'acide minéral, cette hydrolyse s'effectue beaucoup plus rapidement, même à la température du laboratoire. On en suit aisément la progression au polarimètre. Si l'on effectue l'hydrolyse au moyen de l'acide sulfurique dilué, la base arsenicale passe à l'état de sulfate insoluble dans l'eau. Le soluté sulfurique dilué de glucoside, d'abord limpide, se trouble au bout de quelques secondes. Bientôt apparaît un précipité jaune de sulfate de dioxydiamino-arsénobenzène. Le liquide se décolore peu à peu et devient limpide et incolore lorsque l'hydrolyse est terminée.

Stabilisation du glucoside. — Nous avons pensé que l'on pourrait retarder l'hydrolyse du glucoside, en solution aqueuse, en l'additionnant de l'un des produits de l'hydrolyse. En fait, l'addition de glucose à une solution du glucoside retarde considérablement son dédoublement.

Analyse. — Nous avons effectué le dosage de l'azote et celui de l'arsenic.

	Calculé pour		
	monoglucoside.	diglucoside.	Trouvé.
Arsenic pour 100.....	28,4	21,7	21,37
Azote pour 100......	5,30	4,05	4,07

Les résultats trouvés correspondent donc à la composition d'un diglucoside.

Nous avons exécuté, en outre, une hydrolyse sulfurique, à froid, dans 20^{cm^3} d'une solution sulfurique demi-normale, renfermant $0^g,50$ de glucoside pour 100^{cm^3}.

Le sulfate de dioxydiamino-arsénobenzol a été recueilli et pesé. La proportion de glucose libéré a été déterminée polarimétriquement. Les résultats obtenus sont les suivants :

	Calculé pour		
	monoglucoside.	diglucoside.	Trouvé.
Rotation optique ($l = 2,2$)....	0°,19	+ 0°30	+ 0°,31
Sulfate de 606...............		$0^g,0660$	$0^g,0595$

Ces résultats, malgré l'imperfection de la méthode que nous avons dû employer (erreur possible de 0°,01 dans la lecture polarimétrique, légère solubilité du sulfate), correspondent également à la constitution d'un diglucoside.

Constitution chimique. — Le glucose peut être fixé, soit sur les deux fonctions amines, soit sur les fonctions phénol. Il n'est pas non plus rigoureusement impossible que l'on soit en présence d'un complexe analogue à ceux que donne l'arsénobenzol avec divers composés minéraux. L'extrême fragilité du composé en présence des agents d'hydrolyse rend très difficile toute recherche sur ce point. Ce manque de stabilité, qu'on retrouve dans la plupart des glucosides d'amines, mais que nous n'avons jamais constaté sur les glucosides de phénol, serait un argument en faveur de la fixation du glucose à l'azote.

Les fonctions amines semblent être bloquées, car le glucoside, traité en solution très diluée par le nitrite de soude et l'acide α-naphtol-disulfonique, ne donne aucune réaction colorée. Cette réaction colorée, qui est très nette

sur les fonctions amines du dioxydiamino-arsénobenzol, apparaît très nettement si l'on a eu la précaution d'hydrolyser le glucoside avant d'effectuer la diazotation.

Emploi thérapeutique. — Le glucoside étudié présente sur le dioxydiamino-arsénobenzol l'avantage d'être très soluble en milieu neutre, et d'être beaucoup moins altérable à l'air que ce composé ; il présente, sur les solutions glucosées d'arsénobenzol, l'avantage d'une composition définie et d'une plus grande pureté.

LITHOLOGIE. — *Sur les roches éruptives de la bordure mésozoïque et cainozoïque de l'Algarve et leur âge géologique.* Note de M. **Pereira de Sousa.**

L'Algarve est constitué surtout par une grande extension de schistes moscoviens [1], au milieu desquels se trouve le massif de syénite néphélinique de la « Serra de Monchique » ; il présente au Sud une bordure mésozoïque et cainozoïque, qui forme la région littorale. Des roches variées se trouvent dans le Carbonifère, dans la syénite et dans cette bordure. En faisant la carte géologique, j'ai noté leurs affleurements et recueilli un grand nombre d'échantillons. Dans une Note précédente, je me suis occupé seulement des roches basiques de la « Serra de Monchique » et de ses alentours, mais on rencontre aussi dans celle-ci des affleurements et des filons de roches leucocrates ; ces derniers sont quelquefois coupés par d'autres filons constitués par des roches basiques.

	1.	2.	3.	4.
SiO^2	41,28	40,52	40,00	39,86
Al^2O^3	11,87	11,83	10,18	11,12
Fe^2O^3	5,01	8,08	7,67	6,39
FeO	7,58	3,92	7,38	6,91
MgO	8,72	7,98	7,23	11,09
CaO	12,98	13,72	14,48	13,64
Na^2O	3,04	1,72	3,84	2,49
K^2O	2,39	1,77	0,88	1,68
TiO^2	4,59	6,57	5,19	5,02
P^2O^5	0,83	0,59	0,68	0,29
H^2O +	1,78	1,96	2,36	1,51
H^2O —	0,32	1,60	0,26	0,41
CO^2	»	»	»	»
	100,39	100,26	100,15	100,41

[1] *Comptes rendus*, t. 170, 1920, p. 116.

Dans la bordure mésozoïque et cainozoïque il existe seulement des roches mélanocrates sous forme de laccolites, de necks et de filons. Je ne traiterai pas ici des diabases, en laccolites dans l'Hettangien, je m'occuperai seulement des roches apparentées aux syénites néphéliniques.

Quatre d'entre elles ont été analysées par M. Raoult.

On voit que ces roches sont très titanifères, très calciques et très analogues entre elles; elles diffèrent les unes des autres surtout par le rapport des alcalis; elles ont, en général, plus de soude que de potasse; seule, la roche de l'analyse n° 2 renferme à peu près la même proportion des deux alcalis.

Ces roches forment deux groupes :

1° Berondrite (analyse 1), à grain fin, tout à fait comparable à quelques-uns des types de la « Serra de Monchique ».

2° Roches dépourvues de feldspath et de néphéline et apparentées aux monchiquites, mais, en différant cependant minéralogiquement en ce que le caractère lamprophyrique (abondance de la hornblende et de la biotite) est faible ou nul, l'augite titanifère et l'olivine ne sont généralement accompagnées que par quelques paillettes de biotite.

On peut y distinguer deux types dont les minéraux colorés sont les mêmes, mais qui diffèrent par la nature du fond isotrope dans lequel ils sont englobés. Dans la roche 2 celui-ci est constitué par un verre jaunâtre, alors qu'il est formé par du verre incolore ou de l'analcine dans la roche n° 3.

Dans la roche de l'analyse 4, il existe en outre de grandes pseudomorphoses de hornblende en un mélange cristallitique d'augite et de rhönite. Par leur richesse en éléments colorés les deux dernières roches (analyses 3 et 4) sont à rapporter aux ankaratrites limburgitiques; bien qu'elles se présentent sous la forme de filons, elles ont un cachet volcanique, plutôt que filonien.

Reste à préciser le rôle géologique de toutes les roches.

La berindrite forme à (6700^m N-NE de la Mexilhoeira Grande) un neck dans l'Hettangien. Au microscope, on reconnaît des phénocristaux de biotite, de l'augite titanifère, de la hornblende et de l'olivine, englobés par un plagioclase basique et de la néphéline. Ses paramètres sont III(IV)[7.2(3)4]2.1(2).3.2'.

Le n° 2 constitue aussi un filon, au voisinage de la roche précédente, il traverse également l'Hettangien. La roche présente des grands cristaux de biotite et de hornblende (0^m,02 de longueur). C'est une *limburgite porphyrique*, ayant pour formule magmatique III(IV)['6.3(4).3.(4)]2.1'.(2)3.2.

L'*ankaratrite* de l'analyse n° 3 traverse le Dogger, à 700^m S du moulin de S. Miguel (Silves) : ses paramètres sont 'IV[7.2.4.(a)]2'.1'.3.2(3). Enfin, l'*ankaratrite*, riche en cristaux de 5^{mm} d'augite titanifère et d'olivine, se trouve à 500^m S 60° O du moulin de la « Serra » (Algôz), et traverse l'Hautérivien : sa formule magmatique est 'IV[7'.3.4.].2'.2.3.2.

Il faut rattacher à ces roches des types analogues, qui n'ont pas été analysés, et qui affleurent près de Vila do Bispo, dans la partie la plus occidentale de l'Algarve. Ils sont holocristallins, contiennent tous de la néphéline et de l'olivine; dans l'un, la néphéline est le seul élément blanc, elle est à rapporter, à l'*etindite*, de M. A. Lacroix (filon à 150^m S 76° E, de l'église de Vila do Bispo); les autres sont feldspathiques, et sont des *basanites*, représentants doléritiques de la *luscladite* de la Talagueira (filons dans les schistes moscoviens et dans le Trias à l'E de Vila do Bispo, et affleurements sur la route royale, entre Monte Granja et Monte des Amantes).

Si l'on compare ces résultats avec ceux formulés antérieurement, on voit que ces roches présentent les affinités les plus étroites avec les roches basiques de la « Serra de Monchique » et de ses environs. Dans une Note [1] antérieure, j'ai indiqué les raisons qui m'ont fait considérer la série éruptive de la « Serra de Monchique » comme au moins post-liasique. L'identité lithologique des roches, traversant la syénite néphélinique, le Carbonifère, le Jurassique et le Crétacique inférieur me font maintenant penser que toutes les roches éruptives de la « Serra de Monchique » sont crétaciques ou post-crétaciques, c'est-à-dire du même âge que la « Serra de Cintra », où existent quelques roches analogues (mafraïte).

Pour achever l'étude des roches éruptives de l'Algarve, il reste à étudier les relations pouvant exister entre les roches que je viens de décrire, la série diabasique, peut-être plus ancienne, qui n'est connue que dans l'Hettangien, et une autre série plus récente, localisée tout près de la côte, et qui est helvétienne ou post-helvétienne.

---

(1) *Comptes rendus*, t. 165, 1917, p. 674.

GÉOLOGIE. — *Aperçu général de la structure des Tassilis des Ajjer.* Note de M. C. Kilian, présentée par M. Émile Haug.

La région des Tassilis ne nous paraît pas devoir être considérée comme un ensemble de plateaux dévoniens ainsi qu'il était admis jusqu'à maintenant ([1]).

En réalité les Tassilis, dans la région typique que nous avons parcourue, se décomposent en deux zones de plateaux bien distincts :

a. Les *Tassilis externes*, dont les escarpements sud dominent la région déprimée du Taruhaout, de l'O. Tig'amaïn en Tisita, de l'O. Tounourt, de l'Atafait-Afa (piste d'In-Salah à Khat).

Ces plateaux sont des *grés dévoniens* [gisements fossilifères ([2]) de l'Oued Tassirt, de Hindebera dans l'Oued Khauget el Hadid].

Les *schistes siluriens* à Graptolithes (gisements de Tanout Mellel et de Khanget-el-Hadid) affleurent d'une façon continue à la *base* de ces escarpements sud et j'ai pu observer leur *concordance* parfaite avec les grès, ainsi que la *transition progressive* des schistes alunifères aux *grés dévoniens*.

b. Les *Tassilis internes*, qui se terminent au sud par les très hautes falaises et les grands escarpements des monts Ahellakan et Ens-Iguelmamen, dominent le pays cristallin de l'Edjéré et de l'Amadror.

Ces plateaux sont en grès quartziteux non fossilifères. J'ai pu observer la relation de ces grès avec les schistes à Graptolithes : ils sont en concordance avec eux et leur sont inférieurs. Ce sont donc des *grès siluriens* et, dans l'absence de fossiles, on peut affirmer qu'ils ne comportent pas à leur partie inférieure des bancs cambriens — cependant cela nous paraît peu probable.

Ces grès massifs, d'une remarquable puissance, reposent très nettement en *discordance* sur des *schistes cristallins*, à filons de pegmatite, donc *antésiluriens* de l'Edjéré et du Massif Central Saharien par de beaux *conglomérats à galets de quartz*, dont l'affleurement est souvent caché sous les éboulis.

Ainsi les sédiments siluriens jouent un rôle très important dans la constitution des Tassilis. La surface qu'ils occupent dans ces Tassilis est aussi

---

([1]) Mission Foureau-Lamy, *Documents scientifiques*, t. 2, p. 83. — Flamand, *Recherches géologiques et géographiques sur le Haut-Pays de l'Oranais et le Sahara*, 1911, p. 116 et 792.

([2]) Les matériaux recueillis dans ces gisements seront étudiés ultérieurement ainsi que ceux du Silurien.

Les Tassilis

Coupe schématique Tassirt Iskaouen

N

S

Tassilis externes

Mt. Reloulen

Dj. Tassirt

Atafait Afa

Tassilis internes

Dj Ahellakan

Pays cristallin

Edjeré, Amadror

Dévonien fossilifère

Dévonien

Schistes siluriens à graptolithes monoprionidées

Grès à colonnettes

Tahihaout

a

Grès massifs siluriens non fossilifères

Discordance

Schistes cristallins anté siluriens

Conglomérats de base à galets de quartz

Filons de pegmatite

grande que celle occupée par le Dévonien, de telle sorte que l'appellation de «Tassilis dévoniens» est absolument incompatible avec la réalité, et il convient de lui substituer celle de *Tassilis dévono-siluriens* (¹).

Une pareille importance des formations siluriennes dans la constitution des Tassilis était insoupçonnée jusqu'à maintenant. C'est un fait absolument nouveau.

PHYSIQUE DU GLOBE. — *Mesures magnétiques dans le Sud de la France.* Note (²) de M. **Albert Baldit**, présentée par M. Daniel Berthelot.

Les mesures que nous avons effectuées pendant l'été et l'automne de 1921 et le printemps de 1922 ont été entreprises sous les auspices de la 6ᵉ section du Comité français de l'Union géodésique et géophysique internationale et doivent servir à la revision du réseau magnétique français.

1. La région qui nous a été confiée comprend une partie des départements du Sud de la France situés à l'ouest du Rhône; c'est ce que nous appellerons le *groupe Sud* (29 stations à 3 éléments et 14 stations à 1 ou 2 éléments).

Nous avons pu, en outre, effectuer quelques déterminations dans *l'Est et le Centre* (13 stations à 3 éléments et 2 stations à 1 ou 2 éléments).

Les mesures de déclinaison et les mesures de composante horizontale (sauf une) ont été doublées; les mesures d'inclinaison ont été faites en double dans 26 stations sur 45.

Le Tableau suivant donne les éléments magnétiques réduits au 1ᵉʳ janvier 1922. Les stations nouvelles sont données en *italiques*.

Numéro d'ordre.	Stations.	Département.	D.	I.	H.	Situation magnétique.
			° ′	° ′		
1	Ambérieu	Ain	10.26,9	61.57,1	0,21199	calme
2	Bourg	id.	10.27,6	62.11,1	21060	id.
3	*Aubenas*	Ardèche	10.34,4	60.50,2	21771	id.
4	*Cheylard (Le)*	id.	10.35,7	61. 8,7	21663	id.
5	*Peyraud*	id.	10.33,7	61.26,7	21459	id.
6	Privas	id.	10.33,9	60.51,9	21792	pr. calme
7	*Voulte-s/Rhône (La)*	id.	10.30,6	60.57,1	21705	calme
8	Millau	Aveyron	11. 7,0	60.33,3	21968	calme
9	Rodez	id.	11.22,9	60.46,2	21772	id.
10	*Istres*	B.-du-Rhône	10 16,3	59.44,4	22373	peu agitée
11	*Marignane*	id.	10.10,6	59.40,7	22413	id.

(¹) De nombreuses observations de détail permettront de compléter prochainement le présent aperçu.

(²) Séance du 23 octobre 1922.

Numéro d'ordre.	Stations.	Département.	D.	I.	H.	Situation magnétique.
			° ′	° ′		
12	*Rognac*	B.-du-Rhône	10.14,1	»	»	pr. calme
13	Saint-Flour	Cantal	11.11,1	61.22,4	0,21532	calme
14	Dijon-Longvic	Côte-d'Or	10.40,1	63. 7,9	20576	pr. calme
15	*Ancône*	Drôme	10.27,6	»	»	calme
16	*Fontariche*	Gard	10.33,6	60.22,2	22016	pr. calme
17	*Mas-Gardies*	id.	10.43,5	60.20,3	22046	calme
18	*Robiac*	id.	10.41,7	60.34,3	21947	id.
19	*Sainte-Cécile-d'Andorge*	id.	10.52,7	»	»	id.
20	Uzès	id.	10.34,5	60.16,5	22071	id.
21	Vigan (Le)	id.	10.58,4	60.22,5	21993	id.
22	*Bédarieux*	Hérault	11. 5,9	60. 2,8	22187	id.
23	*Lunel*	id.	10.41,6	59.58,1	22169	id.
24	Tour-du-Pin (La)	Isère	10.17,8	61.36,9	21361	pr. calme
25	Lons-le-Saunier	Jura	11.21,4	62.32,3	20911	calme
26	*Montrond*	Loire	10.48,6	61.49,9	21246	pr. calme
27	*Pertuiset (Le)*	id.	10.50,5	61.37,0	21381	calme
28	Roanne	id.	»	62. 7,6	21113	id.
29	*Saint-Bonnet-le-Château*	id.	10.58,4	»	»	pr. calme
30	*Aurec*	Haute-Loire	»	61.36,6	»	agitée
31	Brioude	id.	11.14,9	61.35,0	21402	id.
32	*Costaros*	id.	9.56,0	»	»	calme
33	Langeac	id.	11. 5,8	61.22,2	21526	id.
34	*Monistrol-d'Allier*	id.	10.55,3	»	»	id.
35	*Monistrol-sur-Loire*	id.	10.50,9	60.30,8	21467	id.
36	Le Puy (Mons)	id.	11. 1,7	61.13,0	21636	pr. calme
37	Le Puy (Roche-Arnaud)	id.	»	»	21590	id.
38	Le Puy (Roure)	id.	11. 1,5	»	»	calme
39	*Raucoules*	id.	10.47,9	»	»	pr. calme
40	*Riotord*	id.	10.40,9	61.24,3	21475	très agitée
41	*Saussac-l'Église*	id.	11. 7,2	»	»	calme
42	*Saugues*	id.	11. 5,8	»	»	id.
43	*Sembadel*	id.	11. 4,1	»	»	pr. calme
44	*Vorey*	id.	10.52,1	»	»	id.
45	Yssingeaux	id.	10.55,6	61.21,7	21524	id.
46	*Bastide (La)*	Lozère	10.50,5	»	»	calme
47	Florac	id.	10.57,3	60.43,6	21786	id.
48	*Langogne*	id.	10.53,1	61. 4,1	21706	id.
49	Marvejols	id.	11. 8,3	60.55,1	21740	id.
50	Mende	id.	11. 1,8	60.49,3	21728	id.
51	Villefort	id.	10.45,4	60.45,5	21807	id.
52	*Belleville-sur-Saône*	Rhône	10.45,3	62. 8,6	21110	id.
53	*Lyon-Bron*	id.	10.33,0	61.47,9	21278	agitée
54	*Lyon-Bron-Aviation*	id.	10.32,5	61.48,3	21270	très agitée
55	*Tarare*	id.	10.44,7	61.57,4	21181	un peu agitée
56	*Trèves*	id.	10.39,4	61.40,0	21328	calme
57	Châlon-sur-Saône	Saône-et-Loire	10.43,9	62.39,5	20779	un peu agitée
58	Castres	Tarn	11.26,3	60.11,3	22098	agitée

2. Ces mesures comparées à celles de Moureaux (et de Mathias pour Florac) donnent la variation séculaire des éléments magnétiques entre le 1er janvier 1896 et le 1er janvier 1922. Cette variation est sensiblement la même pour les stations d'un même groupe; elle est en moyenne de :

	Groupes	
	Est et Centre.	Sud.
Déclinaison	$-0°.4'.5$	$-2.58.3$
Inclinaison	$-0.36.2$	$-0.44.5$
Composante horizontale	$+0,00197$	$+0,00249$ (1)

Comparées aux valeurs obtenues à la Station centrale du Val-Joyeux ($-2°58'$, $-0°32$, 0,0015), les valeurs précédentes montrent, pour I et H, une influence très nette de la latitude, les valeurs absolues observées pour la variation séculaire augmentant à mesure que la latitude diminue.

Pour D, la variation est beaucoup plus faible, le *groupe Sud* redonnant exactement la valeur du Val-Joyeux, alors que le *groupe Est et Centre* présente une valeur absolue plus grande de 6′ environ.

3. A l'aide des observations qui précèdent et en excluant les stations soupçonnées d'anomalie, nous avons calculé les coefficients d'un développement analytique donnant les valeurs des trois éléments en fonction de la longitude et de la latitude pour chacun des deux *groupes*.

Aucune anomalie n'apparaît pour l'inclinaison.

Nous n'avons pas retrouvé l'énorme anomalie (— 0,00155) trouvée par Moureaux pour H à Yssingeaux dans une station légèrement différente de la nôtre.

Une très forte perturbation, soupçonnée depuis longtemps, est mise en évidence dans la Haute-Loire, au voisinage de la chaîne des monts du Velay. La station de *Costaros* présente pour la déclinaison, entre l'observation et le calcul, une différence de — 60′4. Cette anomalie s'étend à la partie volcanique de ce département. Les régions à terrain granitique sont normales.

En excluant les très fortes perturbations de D qui semblent avoir un caractère isolé, les isogones affectent un tracé en forme d'S irrégulier, analogue à celui que l'on trouve dans les régions troublées des bassins de Paris et de la Bretagne.

---

(1) Dans le calcul de la moyenne du *groupe Sud*, on exclut Yssingeaux qui donne le nombre absolument discordant + 0,00084.

PALÉONTOTOGIE. — *Sur la vitesse de l'évolution et sur le plan général de structure de la couronne des molaires des mastodontes et des éléphants.* Note de M. SABBA STEFANESCU.

I. D'après Reichenbach, les molaires des *Mastodontinæ* présentent tout au plus six collines. Or plusieurs $M_{\overline{3}}$ de *Mastodon arvernensis* de ma collection en ont sept. La septième est unituberculaire ou bituberculaire. A ma connaissance, il n'y a pas de mastodontes dont les $M\frac{3}{3}$ aient huit ou un plus grand nombre de collines.

a. Chez les $M_{\overline{3}}$ des espèces du phylum *Angustidens* → *longirostris* → *arvernensis*, le nombre de tubercules (t) et des collines (c) de la couronne varie de $9t = 4,5c$ (*angustidens*) à $14t = 7c$ (*arvernensis*). Entre le minimum et le maximum sont échelonnés les intermédiaires : $10t = 5c$, $11t = 5,5c$ (*angustidens*); $11t = 5,5c$, $12t = 6c$, $13t = 6,5c$ (*longirostris*); $11t = 5,5c$, $12t — 6c$, $13t = 6,5c$ (*arvernensis*).

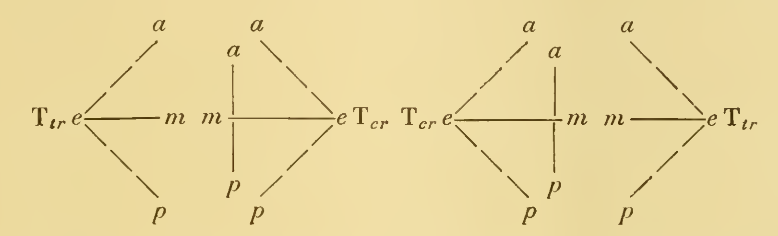
b. Puisque le même nombre de tubercules et de collines peut être présenté par la couronne de $M_{\overline{3}}$ d'espèces voisines ($11t = 5,5c$ *angustidens*, *longirostris*, *arvernensis*; $12t = 6c$, $13t = 6,5c$ *longirostris*, *arvernensis*), une colline de plus ou de moins ne suffit donc pas pour caractériser deux espèces voisines d'un même phylum, comme l'avaient admis Kaup, Gaudry et d'autres paléontologistes, pour séparer l'*angustidens* de *longirostris*.

c. Puisque depuis le Miocène inférieur jusqu'au Pliocène supérieur, pour transformer la couronne des $M_{\overline{3}}$ d'*angustidens* en couronne de $M_{\overline{3}}$ d'*arvernensis*, l'œuvre de l'évolution a ajouté à la première seulement $5t = 2,05c$; *la vitesse de l'évolution des molaires des mastodontes n'a donc pas été grande.*

II. D'après la différenciation des tubercules de la couronne des molaires j'ai distingué trois phylums d'éléphants : le phylum *meridionalis* auquel se rapportent *planifrons*, *hysudricus*, *trogontherii*, *primigenius*, *indicus;* le phyllum *africanus* auquel se rapporte *atlanticus*, et le phylum *antiquus* auquel se rattachent *priscus*, *namadicus*, *melitensis*, *mnaidriensis*, *jolensis*.

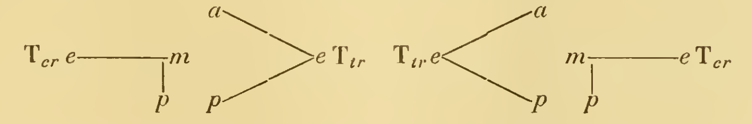
a. Jusqu'à présent nous ne connaissons pas les ancêtres directs de chacun de ces trois phylums d'éléphants, par conséquent, dans l'état actuel de nos connaissances, l'acceptation d'une évolution discontinue, dans la lignée

mastodontes bunolophodontes → éléphants, s'impose. Pourtant, il y a beaucoup de probabilité, sinon certitude, que *Mastodon arvernensis* et son proche parent *sivalensis* soient les ancêtres directs du phylum *meridionalis*. Je fonde cette opinion sur la différenciation des tubercules et sur le plan général de structure de la couronne; les collines ou lames de la couronne des molaires de toutes les espèces de mastodontes et d'éléphants sont organisées d'après un seul plan représenté par le schéma suivant, sur lequel la moitié gauche indique une colline ou lame de molaire inférieure de gauche et de molaire supérieure de droite, et la moitié de droite indique une colline ou lame de molaire inférieure de droite et de molaire supérieure de gauche :



b. Ce schéma nous montre que les T_{tr} sont moins compliqués que leurs congénères T_{cr}. Pourtant un coup d'œil jeté sur les couronnes des molaires nous donne l'impression du contraire. Cela tient à ce que les T_{cr} développent beaucoup moins souvent que les T_{tr} tous ou la majorité de leurs lobes. Les T_{cr} à six lobes sont excessivement rares, mais toutes les variations qu'ils peuvent subir sont incluses dans le schéma que j'ai imaginé.

c. Puisque la forme des T_{tr} et T_{cr} dépend du nombre des lobes constamment développés ou réduits, il s'ensuit que leurs caractères morphologiques doivent être le critérium qui nous conduira à la recherche de la phylogénie des espèces. Par exemple, les plus progressivement compliquées collines de $M\frac{3}{-}$ d'*arvernensis* sont représentées par ce schéma :



et les plus régressivement simplifiées par le schéma suivant, qui représente les lames de $M\frac{3}{-}$ des espèces d'éléphants du phylum *meridionalis* :

T_{cr} *e* —— *m* *a* ⟍ ⟍ *e* T_{tr} T_{tr} *e* ⟋ ⟋ *a* *m* —— *e* T_{cr}

d. Les lames des molaires des espèces des phylums *africanus* et *antiquus* sont représentées par le schéma du plan général; ce sont, en réalité, des collines de mastodontes bunolophodontes aplaties et simplifiées par la réduction de quelques-uns de leurs lobes.

e. Les collines des mastodontes zygolophodontes sont représentées par le même schéma du plan général; elles sont, en réalité, des collines de mastodontes bunolophodontes à tubercules pyramidaux et à lobes caréniformes.

III. Les premières collines ou lames de la couronne des molaires des mastodontes et des éléphants sont plus grandes que toutes les autres qui leur succèdent. A partir d'elles, la face trituratrice de la couronne est inclinée en arrière. Il suffit de regarder la couronne des $M\frac{3}{3}$ d'*arvernensis*, par exemple, pour se convaincre de la réalité de ce fait qui est manifeste dès le germe. En effet, Bolk (¹) a observé que des cinq lames dont est formée la couronne du germe de $m_{\overline{2}}$ d'*Elephas africanus*, qu'il a décrit et figuré, « la deuxième est la plus haute, la première et la troisième sont un peu moins, la quatrième et la cinquième sont considérablement moins hautes ».

a. Puisque la couronne s'organise d'avant en arrière, il s'ensuit qu'au point de vue de l'ontogénie les collines postérieures sont plus jeunes que les antérieures, mais au point de vue de la phylogénie elles sont moins différenciées, et par conséquent plus primitives.

b. Quand l'évolution ajoute un nouveau tubercule derrière les anciens, par voie de différenciation progressive, ce tubercule doit arriver à un maximum de complication, à partir duquel, par voie de différenciation régressive, il doit se simplifier. C'est ainsi que les tubercules des $M\frac{3}{3}$ d'*arvernensis* ne présentent pas tous le même degré de différenciation. Tandis que les tubercules des collines antérieures, après avoir atteint le maximum de complication, sont rentrés en voie de différenciation régressive, tous les suivants sont encore en voie de différenciation progressive, d'autant moins avancée qu'ils sont situés plus près des derniers, qui ontonégiquement sont les plus récents et phylogénétiquement les plus primitifs.

(¹) *Zur Ontogénie des Elefantengebisses*, p. 18-19, fig. 17 *a-b*, 1919.

CHIMIE VÉGÉTALE. — *La centauréine, glucoside nouveau, retiré des racines de* Centaurea Jacea *L.* Note de MM. **Marc Bridel** et **Camille Charaux**, présentée par M. L. Guignard.

La Jacée (*Centaurea Jacea* L.) est une plante de la famille des Composées que l'on rencontre communément dans les prés, au bord des bois, dans les terrains argileux et calcaires. Ses fleurs sont purpurines. La Jacée est vivace et ses racines peuvent atteindre un assez grand développement.

A notre connaissance, cette plante n'a fait l'objet d'aucune étude chimique. Pour extraire le glucoside existant dans les racines, il est inutile de s'adresser aux racines fraîches, car, ainsi qu'on le verra plus loin, on ne connaît encore aucun ferment susceptible de dédoubler ce glucoside. En outre, un essai préalable nous ayant montré que l'écorce en renfermait une bien plus grande proportion que le cylindre central, nous avons uniquement utilisé l'écorce de la racine, séchée à l'air.

L'écorce pulvérisée a été traitée par quatre fois son poids d'alcool à 90° bouillant. Par évaporation des liqueurs alcooliques, on a obtenu un extrait qu'on a repris par de l'eau distillée bouillante. Quand la solution aqueuse était encore vers + 30°, on l'a agitée rapidement, à deux reprises, avec de l'éther. La cristallisation du glucoside s'est faite aussitôt après la décantation de la solution aqueuse. La cristallisation terminée, on a recueilli les cristaux et on les a séchés à l'air. 100^g d'écorce sèche ont donné, en moyenne, 2^g,60 de cristaux.

Le glucoside subissant une transformation sous l'action prolongée de l'eau bouillante (changement de solubilité, élévation du point de fusion), il faut, pour le faire cristalliser dans l'eau, le projeter dans l'eau bouillante. Après filtration de la solution obtenue, on refroidit la solution filtrée sous un courant d'eau. La cristallisation se fait immédiatement. Les cristaux recueillis ont été lavés à l'eau et séchés à l'air.

Il ne faut pas opérer la cristallisation dans l'alcool à 90^c, dans lequel on obtient un produit différent du glucoside primitif par sa teneur en eau, son point de fusion, sa solubilité.

Le glucoside cristallisé dans l'eau à la manière ci-dessus et que nous proposons d'appeler *centauréine*, présente les propriétés suivantes :

La centauréine cristallise sous forme de lames microscopiques, allongées, arrondies à un sommet et nettement tronquées à l'autre. Sa couleur est jaune pâle et sa saveur crayeuse. Elle renferme 9,96 pour 100 d'eau qu'elle perd à + 50°, dans le vide, sans subir d'altération. Elle ne possède pas de point de fusion net. C'est ainsi qu'au bloc Maquenne elle fond instanta-

nément à $+175^\circ$, mais qu'à partir de $+168^\circ$, elle fond après quelques instants de contact sur le bloc.

La centauréine est lévogyre. Son pouvoir rotatoire, en solution dans l'alcool méthylique anhydre et pur, est de

$$\alpha_D = -76^\circ,54 \qquad (p = 0,1742;\ v = 10;\ l = 2;\ \alpha = -2^\circ 40'),$$

ce qui représente, pour la centauréine anhydre, $\alpha_D = -85^\circ,00$.

Elle est à peu près insoluble dans l'eau, l'éther, le chloroforme. Elle est soluble dans la soude à 5 pour 100. La solution est jaune d'or. Ainsi dissoute, la centauréine présente un pouvoir rotatoire de

$$\alpha_D = -133^\circ,68 \qquad (p = 0,2244;\ v = 10;\ l = 1;\ \alpha = -3^\circ)$$

pour le produit hydraté, soit $\alpha_D = -148^\circ,47$ pour le produit anhydre.

La centauréine n'est pas réductrice.

L'acide sulfurique à 5 pour 100 l'hydrolyse lentement à la température du B. M. bouillant. L'hydrolyse est plus rapide en faisant bouillir la liqueur à reflux dans un bain de chlorure de calcium, chauffé à $+120^\circ$. La solution, d'abord limpide, se trouble et un produit de dédoublement se dépose à l'état cristallisé. On peut le recueillir par filtration, le laver à l'eau distillée jusqu'à ce que l'eau de lavage ne précipite plus par le chlorure de baryum. On a ainsi, d'un côté, un produit de dédoublement cristallisé et de l'autre une liqueur acide renfermant le sucre réducteur formé dans l'hydrolyse.

C'est ainsi que dans une expérience effectuée sur $1^g,9300$ de centauréine séchée à l'air (correspondant à $1^g,7378$ de centauréine anhydre), on a obtenu $1^g,2300$ de produit de dédoublement, séché à poids constant, à $+115^\circ$ et que le liquide acide renfermait à $0^g,5854$ de sucre réducteur, exprimé en glucose. La centauréine anhydre fournit donc à l'hydrolyse 70,77 pour 100 d'un produit de dédoublement que nous appellerons la *centauréidine*, et 33,68 pour 100 de sucre réducteur.

Ce sucre réducteur a été obtenu à l'état pur et cristallisé et caractérisé comme glucose par sa forme cristalline et son pouvoir rotatoire

$$\alpha_D = +106^\circ,12$$

aussitôt après dissolution et $\alpha_D = +51^\circ,41$ après stabilisation

$$(p = 0,1115;\ v = 10;\ l = 2;\ \alpha = +2^\circ 22' \text{ et } +1^\circ 10').$$

Pour reconnaître si la centauréine ne fournit que du glucose à l'hydrolyse,

on a eu recours au procédé de caractérisation biochimique de ce sucre imaginé par Bourquelot et Bridel (¹). Le sucre provenant d'une hydrolyse a été dissous dans un alcool méthylique à 50 pour 100, dans lequel le glucose se combinait, sous l'action de l'émulsine, dans la proportion de 69,05 pour 100. Sous l'action de l'émulsine, la quantité de sucre réducteur de la solution obtenue a passé de $1^g,048$ à $0^g,338$ pour 100^{cm^3}, soit une diminution de $0^g,710$, alors que la théorie prévoit $0^g,723$. Le sucre de centauréine est donc uniquement constitué par du glucose. Le méthylglucoside β formé a été obtenu à l'état cristallisé et caractérisé par la forme de ses cristaux et son pouvoir rotatoire

$$\alpha_D = -31°,6 \qquad (p = 0,0949;\ v = 10;\ l = 2;\ \alpha = -36').$$

L'émulsine est sans action sur la centauréine; il en est de même de produits fermentaires extraits de macérations de graines ou de feuilles de *Centaurea Jacea* L.

La centauréine n'est pas azotée. L'analyse organique, en tube fermé, a donné les résultats suivants :

1° $0^g,2290$ ont donné $0^g,4536$ de gaz carbonique et $0^g,1130$ d'eau. C = 54,02 pour 100; H = 5,47 pour 100.

2° $0^g,2022$ ont donné $0^g,3946$ de gaz carbonique et $0^g,0970$ d'eau. C = 53,23 pour 100; H = 5,33 pour 100.

La détermination du poids moléculaire n'a pu être faite par cryoscopie, la centauréine n'étant pas suffisamment soluble dans les différents dissolvants employés à cet usage. Toutefois, en s'appuyant sur la quantité de glucose formée par hydrolyse, 33,68 pour 100, on peut dire que le poids moléculaire de la centauréine doit être compris entre 500 et 550.

En résumé, la centauréine, glucoside cristallisé retiré des racines de *Centaurea Jacea* L., donne à l'hydrolyse 33,68 pour 100 de glucose et 70,77 pour 100 de centauréidine; les deux produits de dédoublement ont été obtenus à l'état cristallisé.

(¹) *Recherche et caractérisation du glucose dans les végétaux par un procédé biochimique nouveau* (*Comptes rendus*, t. 170, 1920, p. 631).

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *L'action de l'hexaméthylènetétramine sur les végétaux supérieurs.* Note de MM. E. et G. Nicolas.

Amine provenant de la condensation, avec élimination d'eau, de l'aldéhyde formique et de l'ammoniaque, l'hexaméthylènetétramine, $(CH^2)^6 Az^4$, a, de par son origine et de par sa constitution, une physionomie et une allure qui lui sont propres et qui font d'elle un dérivé aminé d'aldéhyde unique en son genre. Douée d'une grande affinité chimique, sa molécule se comporte dans nombre de circonstances comme celle d'un alcaloïde. Elle est, d'autre part, susceptible, sous certaines influences, de se dédoubler aisément, par fixation d'eau, en ses constituants, méthanal et ammoniaque. Ces propriétés expliquent son action physiologique propre et son pouvoir antiseptique, en même temps qu'elles sont la raison du large emploi qui est fait partout de cette substance dans la pratique médicale, emploi que l'innocuité du produit et la parfaite tolérance dont il jouit de la part de l'organisme animal contribuent à légitimer.

Il nous a paru intéressant d'étudier quelle influence pouvait exercer l'hexaméthylènetétramine sur la végétation des plantes supérieures, de voir si son pouvoir inhibiteur ou antiseptique vis-à-vis des microbes se manifestait à l'égard de la cellule des végétaux les plus élevés en organisation, de rechercher enfin si, à doses convenables, cette substance, qui peut si aisément régénérer l'aldéhyde formique [1] et l'ammoniaque, était utilisée par l'organisme végétal et pouvait servir à celui-ci soit pour l'élaboration d'hydrates de carbone, soit comme source d'azote, soit à la fois comme aliment carboné et azoté.

Nous avons commencé nos recherches par l'étude de l'influence qu'exerce la substance dont il s'agit sur le développement du haricot.

Nos premières expériences remontent à 1920, mais les doses d'hexaméthylènetétramine employées étaient trop fortes (1^g à 5^g par litre de solution); elles ont été reprises, en 1921, avec des doses plus faibles ($0^g,1$ à $1^g,5$ par litre) et, en 1922, avec des quantités ne dépassant pas $0^g,3$ par litre. Le milieu nutritif utilisé est la solution de Knop additionnée de quantités déterminées d'hexaméthylènetétramine. Les graines, mises à germer sur du buvard humide, sont transportées au bout de quelques jours sur la

---

(1) Nous rappelons que l'aldéhyde formique est considéré comme le premier terme de l'assimilation du carbone, comme la première étape dans la synthèse des sucres par les plantes à chlorophylle.

solution, de manière que leur radicule seulement plonge dans celle-ci; les vases de culture sont entourés d'un manchon de papier noir.

Voici les résultats relatifs au poids, évalué en grammes, du haricot variété souvenir de Dreuil cultivé dans ces conditions du 6 avril au 15 juin 1921 :

		Knop			
	Knop.	+ 0,1.	+ 0,25.	+ 0,5.	+ 0,75.
Racines..........	1,670	2,290	1,700	1,290	1,320
Partie aérienne...	5,940	6,160	6,300	3,555	3,240
Poids de la plante..	7,610	8,450	8,000	4,845	4,560

	Knop	
	+ 1.	+ 1,5.
Racines..........................	0,650	0,520
Partie aérienne....................	2,410	1,630
Poids de la plante................	3,060	2,150

Ces chiffres indiquent que l'hexaméthylènetétramine, aux doses de $0^g,1$ à $0^g,25$ par litre, est *favorable* au développement du haricot; au delà, elle est *toxique* et sa toxicité se manifeste déjà de bonne heure en retardant la digestion des cotylédons. Il est à remarquer que les feuilles des individus cultivés en présence de l'hexaméthylènetétramine présentent autour des nervures une teinte rouillée prononcée.

Des cultures d'une autre variété de haricot, du 20 avril au 2 juin, sur la même solution nutritive, mais neutralisée par la lessive de potasse, de façon à éviter la dissociation lente de l'hexaméthylènetétramine, confirment les résultats précédents :

		Knop		
	Knop.	+ 0,1.	+ 0,2.	+ 0,3.
Poids de la partie aérienne..........	1,740	1,950	2,045	2,150
Dimensions en centimètres des folioles de la première feuille.............	0,5 × 1	1 × 1,9	1 × 1,8	0,6 × 1

L'action favorable de l'hexaméthylènetétramine se traduit à la fois *par une augmentation de poids de la plante* et *par un plus grand développement des feuilles, tant en surface qu'en nombre*, car les haricots cultivés en présence de 0,2 et 0,3 pour 100 d'hexaméthylènetétramine portent déjà, le 22 mai, une deuxième feuille, alors que les deux autres lots n'en ont qu'une seule.

Cette action favorable, notamment sur le développement des feuilles, ressort aussi des résultats fournis par une culture de haricot sur une solution minérale dépourvue d'azote et à laquelle on a ajouté l'amine dont il

s'agit. Ainsi l'examen, fait le 30 avril 1922, d'une culture mise en train le 29 mars et poursuivie jusqu'au 22 mai, a donné :

	Sol. min.	Sol. + 0,1.	Sol. + 0,3.
Poids de la partie aérienne	1,720	1,930	1,730
Dimensions des feuilles primordiales	3,4 × 3	3,5 × 3,5	3,4 × 3,2
Dimensions des folioles de la première feuille.	0,4 × 0,6	0,5 × 1	1 × 1,5

Nous ajouterons enfin que la proportion de l'amine, introduite au début de l'expérience dans le milieu nutritif, diminue du fait de la culture.

Nous pouvons donc conclure qu'aux doses de $0^g,1$ à $0^g,3$ par litre de solution l'hexaméthylènetétramine constitue un *aliment* pour le haricot. Cette substance, d'ailleurs, se comporte de la même façon vis-à-vis des végétaux inférieurs, comme il résulte des recherches de Tereg ([1]), publiées en 1918, mais qui, par suite des événements, n'ont été connues de nous que dans le courant de 1922. D'après cet auteur, des Bactéries, certains Champignons, des Mousses sont susceptibles d'utiliser l'hexaméthylène-tétramine.

Ainsi le *Penicillium* et le *Polytrichum* préféreraient cette substance comme source d'azote au nitrate d'ammoniaque. Il semblerait, d'après cela, que les végétaux inférieurs tolèrent des doses d'hexaméthylènetétramine plus élevées (0,7 pour 1000) que les plantes supérieures (0,1-0,3 pour 1000 pour le haricot).

Nous nous proposons de compléter ces recherches, de les étendre à d'autres plantes et d'étudier également l'influence de l'hexaméthylène-tétramine sur la morphologie interne.

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Influence des sels de cuivre sur le rendement du* Sterigmatocystis nigra. Note de M. **Marin Molliard**, présentée par M. Gaston Bonnier.

Si l'on compare les poids de mycélium obtenu avec le *Sterigmatocystis nigra* au bout de temps égaux, en présence ou en l'absence d'un sel de cuivre, on arrive, dans certains cas, à des résultats contradictoires; le plus souvent il y a baisse de récolte en présence de cuivre; quelquefois, cependant, cette récolte est plus élevée avec le sel de cuivre, employé à des con-

([1]) Tereg, *Kann Hexamethylentetramin als Stickstoffsquelle für pflänzliche Organismen verwendet?* (*Flora*, neue Folge, 10, 1918, p. 270-274).

centrations relativement faibles, que dans la culture témoin. Ces anomalies s'expliquent aisément quand, au lieu d'établir la comparaison sur des cultures de même âge, on la fait porter sur l'ensemble des courbes qui traduisent les poids de mycélium au cours de chacune des cultures.

Il peut se faire par exemple que, la culture témoin étant entrée dans la phase d'autolyse, qui correspond à une perte de poids très sensible, celle qui est réalisée en présence de cuivre se trouve encore dans la phase d'utilisation du sucre, et se rapproche du maximum de récolte; le mycélium développé en présence de cuivre peut alors présenter un poids plus considérable que le mycélium qui s'est constitué dans le milieu normal. Mais le fait n'a aucun intérêt puisque la comparaison est établie sur des états de développement différents, et résulte simplement de ce que le sel de cuivre détermine un ralentissement dans l'édification du mycélium.

Il se passe quelque chose de tout à fait analogue en ce qui concerne le rendement. Des cultures faites à partir d'un milieu minéral contenant comme source d'azote du chlorure d'ammonium nous permettront de préciser ce point; la nature et la dose de cette substance azotée ont été choisies de manière que l'acide chlorhydrique libéré par le jeu même de la Mucédinée empêche l'autolyse finale et par suite la formation des conidies; la complication de la perte finale de poids du mycélium se trouve ainsi supprimée.

Des essais préliminaires nous ont montré que la concentration critique du sulfate de cuivre, celle qui empêche le développement, est, pour le liquide nutritif employé, voisine de $\frac{1}{1500}$; elle est beaucoup plus faible que celle qui a été indiquée par Raulin ($\frac{1}{160}$), ce qui s'explique par une composition différente du liquide et en particulier par l'absence d'acide tartrique; en remplaçant le chlorure d'ammonium par du tartrate neutre d'ammonium, j'ai en effet obtenu $\frac{1}{85}$ pour la valeur de la dose critique.

Comparons les valeurs réalisées pour le poids du mycélium et pour le rendement (rapport du poids du mycélium au poids du sucre utilisé) à différentes périodes du développement, soit dans une culture témoin, soit dans une culture effectuée en présence d'une concentration de sulfate de cuivre égale à $\frac{1}{3750}$ (40^{mg} du sulfate cristallisé pour un volume de 150^{cm^3}); l'expérience a été faite à 36°. On obtient les résultats portés dans le Tableau suivant :

Pas de sulfate de cuivre.			Sulfate de cuivre.		
Durée (jours).	Poids du mycélium (mg).	Rendement.	Durée (jours).	Poids du mycélium (mg).	Rendement.
2	947	0,463	4	915	0,415
3	1668	0,414	6	1496	0,389
4	2131	0,390	8	1749	0,377
5	2406	0,376	10	1918	0,366
6	2517	0,368	15	2162	0,343
7	2569	0,366	20	2273	0,332
10	2602	0,361	25	2358	0,329
15	2599	0,359	30	2422	0,328

Le sucre (7^g de saccharose par culture) est complètement utilisé dans le premier cas au bout de 10 jours; il faut au contraire 30 jours au *Sterigmatocystis* pour faire disparaître toute trace de sucre dans la culture en présence de sulfate de cuivre; le ralentissement du développement est manifeste; on constate d'autre part que pour la période de temps qui s'écoule entre le troisième et le onzième jour, le rendement se trouve être constamment plus considérable pour la culture réalisée en présence du cuivre que pour la culture témoin; mais, si l'on vient à remplacer les courbes qui traduisent les rendements en fonction du temps par celles qui expriment les rendements en fonction du poids du mycélium édifié, la nouvelle courbe correspondant à la culture additionnée de sulfate de cuivre est, dans toute son étendue, située en dessous de celle qui est relative à la culture témoin.

Le cuivre, en même temps qu'il ralentit la croissance du mycélium, détermine donc constamment un rendement moindre; ce dernier fait n'est vraisemblablement que la conséquence du premier et doit s'expliquer par une respiration plus intense, correspondant à un entretien plus prolongé du mycélium. C'est ce que démontrent des expériences de mesure du gaz carbonique dégagé au cours de deux sortes de cultures. On déterminait, à l'intérieur des fioles uniques où se développaient les mycéliums, un courant d'air débarrassé du gaz carbonique, et l'on retenait celui qui était dégagé par la respiration à l'aide de lessive de potasse, en ayant soin de dessécher l'atmosphère avant et après son passage sur ce liquide; en pesant, au début et à la fin de l'expérience, les tubes à potasse et les tubes desséchants placés à leur suite, on obtenait le poids de gaz carbonique produit dans les cultures.

En présence du milieu normal, le *Sterigmatocystis* a dégagé dans les trois premiers jours de son développement un poids de gaz carbonique représen-

tant les 0,413 du sucre utilisé, alors que dans les six premiers jours il s'est produit, en présence de sulfate de cuivre, un poids de gaz carbonique correspondant aux 0,568 du sucre disparu.

BIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Sur l'ouverture et la fermeture des fleurs météoriques persistantes.* Note de MM. ADRIEN DAVY DE VIRVILLE et FERNAND OBATON, présentée par M. Gaston Bonnier.

Nous appelons « fleurs météoriques persistantes » celles dont les pièces florales présentent pendant plusieurs jours des mouvements d'ouverture et de fermeture. Parmi ces fleurs on peut distinguer deux catégories : celles qui s'ouvrent dans la matinée et se ferment dans la soirée, ce sont les fleurs « diurnes »; et celles qui s'ouvrent le soir pour se fermer et se faner pendant la période chaude de la journée suivante, ce sont les fleurs « nocturnes ». D'une façon générale, on peut dire que les fleurs météoriques persistantes sont beaucoup moins sensibles aux variations du milieu extérieur que les fleurs éphémères. De plus, on ne saurait assigner à une fleur météorique persistante une durée précise, car le temps pendant lequel cette fleur reste épanouie dépend de l'amplitude des variations de la température. Il faut aussi noter que ces fleurs en vieillissant deviennent de moins en moins sensibles à ces variations.

Comme pour les fleurs éphémères [1], nous avons observé d'heure en heure le degré d'épanouissement de la fleur, et nous avons mesuré en même temps la température et l'état hygrométrique de l'air ainsi que l'intensité de la radiation lumineuse.

L'*Erythræa centaurium* peut être pris comme type de fleur météorique diurne. Le degré thermique minimum nécessaire à l'ouverture de la fleur de cette espèce est égale à 18° ou 19°. Dès que la température dépasse 21° à 22°, les fleurs sont pleinement épanouies. Elles sont refermées quand la température descend au-dessous de 18° à 19°. Il en est ainsi quels que soient l'état hygrométrique et l'intensité de la lumière.

Nous avons obtenu expérimentalement l'ouverture de cette fleur au cours de la nuit. Un pied fleuri d'*Erythræa centaurium* a été placé pendant le jour

---

[1] *Observations et expériences sur les fleurs éphémères* (*Comptes rendus*, t. 175, 1922, p. 637.

dans une étuve refroidie par de la glace, de telle sorte que la température de l'air oscillait entre 7° et 8° : les fleurs sont restées fermées. A 18^h, nous avons sorti de l'étuve la plante en expérience, et, après l'avoir laissée dans les conditions naturelles pendant 2 heures, nous l'avons placée à 20^h dans une étuve obscure dont la température était égale à 25° et l'état hygrométrique à 65. La fleur s'est ouverte progressivement pendant la nuit, comme elle le fait au cours d'une belle journée, et à 1^h du matin elle était presque épanouie. Nous avons également placé des exemplaires en fleurs de cette espèce sous deux cloches. Dans l'une l'état hygrométrique était égal à 100, et dans l'autre à 45. La température et la lumière étaient identiques sous les deux cloches. Nous avons constaté que la fleur s'ouvrait un peu plus rapidement dans l'air sec que dans l'air humide.

Il résulte de ces observations et de ces expériences, ainsi que de celles que nous avons faites sur d'autres espèces, que les mouvements d'ouverture et de fermeture des fleurs météoriques diurnes dépendent surtout de l'élévation et de l'abaissement quotidiens de la température. Le degré thermique minimum nécessaire à l'ouverture de ces fleurs météoriques persistantes est très variable suivant les espèces, ainsi qu'on peut en juger par les exemples suivants :

Température moyenne nécessaire à l'ouverture des fleurs de	*Taraxacum dens-leonis*......	10° à 12°
	Bellis perennis..............	12 à 14
	Leontodon hispidus..........	17 à 18
	Erythræa centaurium......	18 à 19

Ainsi, par exemple, dans la même station, les fleurs d'*Erythræa* et les capitules de *Leontodon* s'ouvriront plus tard et se fermeront aussi plus tôt que les capitules du *Bellis* et surtout du *Taraxacum*.

Le type des fleurs météoriques nocturnes est le *Lychnis dioica*. L'épanouissement des nouvelles fleurs se produit le soir, lorsque la température s'abaisse au-dessous de 15°, ordinairement vers 19^h. Les fleurs restent ouvertes pendant toute la nuit; mais, dans la matinée, elles commencent à se fermer dès que la température atteint 17° : les pétales s'enroulent longitudinalement sur eux-mêmes et se rapprochent les uns des autres. Au-dessus de 20°, la fermeture est complète. La fleur ne s'ouvre de nouveau dans la journée que lorsque la température s'abaisse au-dessous de 17° à 18°. De plus, nous avons constaté expérimentalement que dans une étuve à glace, à une température de 8° à 9°, les fleurs de cette espèce restent tou-

jours épanouies, même en pleine lumière, et leur durée est beaucoup plus longue. Par contre, lorsque la température dépasse 17°, les fleurs se ferment aussi bien dans l'air humide que dans l'air sec, aussi bien à la lumière qu'à l'obscurité.

En résumé, les mouvements quotidiens d'ouverture et de fermeture des fleurs météoriques persistantes dépendent presque uniquement de la température, comme l'ont entrevu Hermann Hoffmann, en 1850, et surtout Ch. Royer, en 1868. L'abaissement de l'état hygrométrique de l'air favorise aussi l'ouverture de ces fleurs, mais très peu. Par contre, la lumière n'a aucune action, contrairement à l'opinion de divers physiologistes. Encore moins faut-il considérer ces mouvements comme le résultat d'une périodicité héréditaire.

BIOLOGIE. — *Les variations de la concentration en ions hydrogène dans les marais salants, comme facteur biologique.* Note (1) de M. **Alphonse Labbé**, présentée par M. Henneguy.

Les nombreux réservoirs qui s'intercalent dans une saline pour se terminer par des cristallisoirs ou *œillets* (2) peuvent renfermer des espèces différentes, et l'on admettait jusqu'ici que les étapes de la concentration saline réglaient cette distribution.

Cette explication classique, basée sur les variations supposées de la pression osmotique, est trop simpliste pour ne pas être erronée; elle n'envisage que les rapports possibles, mais non prouvés, de concentration moléculaire, et ne tient pas compte des facteurs électrostatiques.

Comme le faisait remarquer récemment M. Pierre Girard (3), la cellule vivante n'est pas un osmomètre, et il est presque impossible d'évaluer la pression osmotique d'une cellule en fonction des variations de la concentration du milieu.

D'autre part, il est facile de constater que certaines espèces vivent dans des compartiments d'une salinité déterminée, alors que, dans les compartiments voisins et identiques, on n'en trouve que peu ou point. Dans une

(1) Séance du 30 octobre 1922.

(2) Les résultats que j'ai obtenus ne sont applicables qu'aux salines du Croisic et de Batz. Il serait d'ailleurs intéressant de continuer l'expérience dans les salines du Midi, où les méthodes d'exploitation sont très différentes.

(3) *Comptes rendus*, t. 175, 1922, p. 64.

même série d'œillets, communiquant tous avec une même rigole, la *guiffre* des paludiers, se trouvant dans les mêmes conditions de volume d'eau, de surface d'évaporation, de concentration saline et de température, il y a parfois des milliards de *Dunaliella salina*, parfois très peu, parfois pas du tout.

Il était logique de penser qu'un facteur physico-chimique, autre que la concentration saline, devait intervenir et je l'ai cherché dans la variation de l'alcalinité, ou plutôt *dans la concentration en ions hydrogène*.

J'ai déterminé, par la méthode colorimétrique de Sörensen, le coefficient P_H dans les divers réservoirs d'une même saline; et la comparaison des résultats obtenus dans six salines du Croisic et de Batz, à divers degrés de fonctionnement, m'a permis d'établir des courbes inattendues et d'une constance singulière. Ces courbes se laissent ramener à la courbe ci-contre qui montre la variation de P_H dans les compartiments d'une même saline, les prises ayant été faites le même jour, à la même heure.

Les chiffres précis seront publiés ultérieurement, en correspondance avec la concentration saline. Il faut, en effet, tenir compte de « l'erreur de salinité » et du fait que les carbonates et bicarbonates doivent agir comme substances *tampons*. Je me bornerai donc à des indications générales.

Dans les *étiers* P_H diffère peu de l'eau de mer normale (8-8,1) pour monter légèrement dans les *vasières* vers 8,3-8,4. Dans les *gobiers* (7° à 8° B.), le coefficient varie peu. Mais dans les *fares* et les *adernes* (15°-18° B.), P_H peut atteindre et dépasser 9. Puis dès le premier œillet sur la dernière aderne, il y a une chute brusque, la courbe redescend vers 8,5-8,4; et dans les œillets (27° B.), derniers réservoirs où le sel cristallise, P_H descend vers 8,4-8,1, c'est-à-dire au niveau d'une eau de mer presque normale.

Suivant la formule $P_H = \log \frac{1}{H}$, nous pouvons donc dire que la valeur de H, ou concentration en ions hydrogène libres, sensiblement voisine dans les premiers réservoirs de 8×10^{-9} ou 6×10^{-9}, descend dans les adernes aux environs de 1×10^{-9} pour remonter dans les œillets au niveau d'une eau de mer à peine plus alcaline que la normale.

Cette courbe peut varier, mais se maintient en cloche avec une constance remarquable. Ses variantes sont minimes, même si les examens sont faits huit jours après le renouvellement d'eau dans la saline, lorsque le sel a été récolté; même après de fortes pluies, qui devraient pourtant diluer l'eau salée. Elle ne paraît pas influencée par l'agglomération des organismes; la large surface d'évaporation des réservoirs empêche

probablement l'augmentation de CO^2, qui pourrait modifier l'alcalinité (¹).

		Etier	Vasière	Gobiers	Fares	Adernes	Dernières adernes et 1er œillet.	Œillets
				7°-8° B.	12°-18° B.	18-20° B		27°-B
C_H	P_H	Cardium. Crevettes Tubifex-Nereis div.		Idotea salinarum Corophium	Zone a Artemia salina		Zone à Fabrea salina	Zone a Dunaliella salina
1×10-9	9							
	8,9							
2×10-9	8,8							
	8,7							
	8,6							
3×10-9	8,5							
4×10-9	8,4							
5×10-9	8,3							
6×10-9	8,2							
7×10-9	8,16							
8×10-9	8,1							
9×10-9	8,05							
1×10-8	8							

Courbe de la concentration en ions hydrogène dans une saline du Croisic.

L'explication de la courbe est difficile et je laisse aux physiciens et aux chimistes la tâche de la discuter. Nous ne connaissons guère la marche du dépôt des sels dans les salines exploitées que par des travaux anciens comme ceux de Balard et d'Usiglio. La question est tout entière à reprendre en fonction de l'ionisation et de la dissociation électrolytique.

Je me borne, en tant que biologiste, à relater le phénomène, qui me paraît éclairer vivement la biologie de la faune des marais salants.

(¹) Toutes les solutions ont été filtrées avant analyse, pour obvier aux erreurs que pourrait entraîner l'accumulation des matières organiques.

PHYSIOLOGIE. — *Effets sur les cobayes d'une préparation antiscorbutique.* Note de M. **Bezssonoff**, présentée par M. Roux.

Dans un appareillage clos permettant de conduire toutes les opérations en l'absence presque complète d'oxygène, une préparation antiscorbutique, à partir du chou frais, fut obtenue par le procédé suivant : Le jus extrait du chou par un broyage à la presse hydraulique est immédiatement déféqué par l'acétate neutre de plomb, débarrassé du plomb par précipitation à l'hydrogène sulfuré, évaporé dans le vide à une température de 35° jusqu'à consistance sirupeuse et finalement séché complètement à une température de 35° dans le vide, en présence d'acide sulfurique jusqu'à obtention d'une poudre blanche jaunâtre. $2^{g},5$ de cette poudre correspondent à 100^{cm^3} environ de jus de choux.

Cette poudre, qu'on désignera sous le nom de produit C, est très hygroscopique (pression de vapeur d'eau à 20° de 5^{mm} de mercure). Des préparations faites de décembre à février inclus et de mai à août accusèrent une teneur en azote (au Kjeldhal) de 2,64 à 2,65 pour 100. Les dosages du sucre, par la méthode de G. Bertrand, donnèrent des résultats très différents, suivant les échantillons : 33 à 46 pour 100 de sucre réducteur; 52 à 65 pour 100 de sucre total (réducteur et hydrolysé). La teneur en cendres est de 7,5 pour 100 environ.

Le produit C ne contient ni substances graisseuses, ni protéines. Il donne une réaction bleu intense, caractéristique des extraits antiscorbutiques et du para et orthodiphénol [1].

Au cours d'expériences sur cobayes, les animaux traités, soumis à un régime dépourvu d'aliment antiscorbutique, recevaient (par animal et par jour) $0^{g},1$ de produit C dissous dans 5^{cm^3} d'eau; un lot de cobayes servant de témoins.

Le régime de base était constitué par du son, de l'avoine et de la paille autoclavée, 1 heure à 120°. Dans la plupart des expériences, les cobayes recevaient de deux à trois gouttes d'huile de foie de morue (poids d'une goutte 35^{mg} environ). A ce sujet, deux remarques s'imposent :

1° Les expériences de Mc Collum et ses nombreux collaborateurs, 1921-1922, ont établi que le facteur A, facteur de croissance soluble dans les graisses, se compose d'au moins deux substances. Toutes les deux sont

---

[1] *Comptes rendus*, t. 173, 1921, p. 466; *Bull. Soc. Chim. Biol.*, t. 4, février 1922.

présentes dans le lait frais; par contre, l'huile de foie de morue ne contient que l'une d'elles, mais en très grande quantité.

2° MM. Mouriquand et Michel (1922) ont pu constater que des cobayes recevant des grains d'orge et 10^{cm^3} de jus de citron, par conséquent une ration antiscorbutique amplement suffisante, succombèrent rapidement du scorbut quand on ajouta au régime 3^{cm^3} d'huile de foie de morue. L'adjonction de foin à ce même régime paralysa l'effet nocif de l'huile de foie de morue.

Les expériences dont l'exposé suit confirment, en principe, la thèse de Mc Collum et semblent expliquer les résultats de MM. Mouriquand et Michel.

Expérience I. — La première comportait deux lots de 4 jeunes cobayes (poids moyen 350^g). L'un de ces lots reçut $\frac{1}{10}$ de gramme de produit C; l'autre lot servant de témoin. En plus du régime de base, chaque cobaye reçut 2 gouttes d'huile de foie de morue et 35^{cm^3} de lait condensé non sucré additionné de 15^{cm^3} d'eau. D'après les indications de M. G. Bertrand, le procédé ordinaire de fabrication de ce lait doit entraîner la destruction du facteur de croissance A.

En effet, la croissance des cobayes (traités et témoins) s'arrêta nettement dès les premiers jours du régime. Les 4 témoins succombèrent entre le 21e et le 25e jour; les traités entre le 43e et le 53e jour, ramollissement osseux constaté à l'autopsie.

Dans les expériences qui suivirent, on employa le lait frais autoclavé, 1 heure à 120°.

Expérience II. — Les 4 cobayes du premier lot pesaient au début de l'expérience: n° 1 = 625^g; n° 2 = 520^g; n° 3 = 465^g; n° 4 = 580^g; et les 4 cobayes du deuxième lot : 565^g, 530^g, 675^g et 360^g. En plus du régime de base ils reçurent 90^{cm^3} de lait autoclavé; à partir du 11e jour, les cobayes du premier lot reçurent $0^g,1$ de produit C; à partir du 28e jour, tous les cobayes des deux lots reçurent 2 gouttes d'huile de foie de morue.

Les témoins succombèrent aux 37e, 40e, 46e et 50e jours. — *Scorbut à l'autopsie.*

Parmi les cobayes du premier lot, le n° 3, dès le 14e jour, n'absorba pas la solution antiscorbutique, ou ne l'absorba que tardivement. Après avoir souffert d'érection prolongée du pénis [1], il succomba le 77e jour. A l'autopsie : vessie gonflée, testicule gauche atrophié, aucun symptôme net de scorbut.

Peu après l'adjonction de l'huile au régime, les trois autres commencèrent à baisser de poids. Du 56e au 58e jour, ils reçurent $0^g,3$ de produit C. La perte en poids s'arrêta net. A partir du 60e jour, les trois cobayes ne reçurent plus d'huile. Leur poids tomba; puis augmenta à nouveau. Au 90e jour, les n°s 1, 2 et 4 pesaient respectivement 610^g, 625^g, 550^g.

Expérience III. — La troisième expérience porta sur dix jeunes cobayes. Les cinq

---

[1] Au cours des expériences préalables, le même phénomène fut observé dans sept cas concernant de jeunes cobayes qui tardaient à prendre la solution antiscorbutique.

traités pesaient au début de l'expérience : n° 1, 240^g; n° 2, 340^g; n° 3, 290^g; n° 4, 365^g; n° 5, 570^g. Tous les cobayes furent soumis au régime de l'expérience précédente, mais additionné de foin (luzerne) autoclavé 1 heure à 120°. Dès le premier jour, chaque cobaye reçut 2 gouttes d'huile de foie de morue. Au 34e jour, l'effet nocif de l'huile se fit sentir fortement sur trois cobayes traités : perte brusque de poids, enflure des cuisses. Comme dans l'expérience précédente, une dose plus forte de produit C (0^g,3) pendant 3 jours eut un effet heureux. Au 60e jour, l'huile et *le foin autoclavé* furent supprimés. Le n° 1, qui prenait mal la solution antiscorbutique succomba le 79e jour. Les n°s 2, 3, 4 et 5 pesaient respectivement, au 109^{e}j our : 450^g, 435^g, 625^g, 520^g. Les n°s 4 et 5 furent tués et autopsiés : bon état de nutrition sans traces de scorbut. Quatre témoins moururent aux 27e, 32e, 33e et 49e jours. L'un des témoins, qui pesait au début 380^g et 335^g au 35e jour, se maintint avec de faibles variations de poids jusqu'au 92e jour, ce qui indiquerait que le foin, même autoclavé, conservait une faible action antiscorbutique.

Expérience comparative. — Deux des quatre cobayes traités et trois des six témoins reçurent 3 gouttes d'huile dès le premier jour d'expérience. Tous reçurent 60$^{cm^3}$ de lait autoclavé. Les témoins sans huile succombèrent au bout des 20e, 26e et 27e jours. Ceux recevant l'huile au bout des 34e, 36e et 40e jours. Jusqu'au 37e jour, les cobayes traités et recevant l'huile subirent une augmentation de poids supérieure aux cobayes traités sans huile. A partir de ce jour l'effet nocif de l'huile se fit sentir et les deux cobayes moururent les 49e et 52e jours. Au 52e jour, les traités ne recevant pas d'huile avaient un aspect sain et normal.

Conclusion. — L'huile de foie de morue exerce sur les cobayes une action nocive déjà à la dose de 70^{mg} par jour; cet effet peut être contre-balancé par une dose forte de produit antiscorbutique. La quantité d'éléments antiscorbutiques contenus dans $\frac{1}{10}$ de gramme de produit C se montre suffisante pour assurer le développement normal des cobayes pesant plus de 600^g.

La séance est levée à 15 heures trois quarts.

A. Lx.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 13 NOVEMBRE 1922.

PRÉSIDENCE DE M. ÉMILE BERTIN.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

MORPHOGÉNIE VÉGÉTALE. — *Valeur morphologique des émergences antitropes. Mécanisme de leur production par déplacement desmonastique.* Note de M. **Paul Vuillemin.**

L'analyse morphologique distingue dans une plante des membres et des émergences qu'il ne faut pas confondre avec de simples accidents de surface. Les membres sont définis par l'anatomie; les émergences sont considérées comme des formations de nature indéterminée. En d'autres termes, leur valeur morphologique est inconnue; elle pose un problème que je me suis attaché à résoudre, du moins dans le cas particulier où l'émergence d'un membre appendiculaire (phyllome ou frondome) présente la même structure que ce membre, mais une orientation inverse. Par rapport au membre dont elle dépend, l'émergence est *homologue* et *antitrope*.

L'émergence n'est pas un membre inséré sur un autre membre, une formation nouvelle ayant ses initiales propres; ce n'est pas un produit de multiplication, une ramification comme la foliole d'une feuille composée. L'émergence ne résulte pas d'une division; dans les cas de dichotomie radiale (fission) ou faciale (clivage), les branches issues de partition unique ou répétée sont homotropes.

L'émergence provient du déplacement, au cours du développement, d'une portion d'un membre antérieurement formé.

Le déplacement local qui produit l'émergence, l'antitropisme qui la caractérise, relèvent du mécanisme général des *tropismes*. On a rapporté divers tropismes à des causes physiques extérieures : géotropisme, hapto-

tropisme, phototropisme, nyctitropisme, etc. Le tropisme qui produit les émergences homologues antitropes a une cause interne qui réside dans l'inégale vitesse de croissance des tissus.

H. de Vries attribue à une cause semblable les courbures qu'il nomme hyponastie et épinastie. Si une face s'affermit plus tôt que la face opposée, elle forme un plan de résistance (ναστός, ferme) qui deviendra concave à mesure que la face opposée continuant à s'étendre deviendra convexe. La courbure est hyponaste quand la concavité répondant au plan résistant est ventrale, épinaste quand la concavité est dorsale.

L'hyponastie et l'épinastie sont des cas particuliers d'un phénomène plus général, que j'appelle *hétéronastie* quand il est habituel, *allonastie* quand il est exceptionnel. Outre la surface de résistance qui provoque l'hyponastie et l'épinastie, on envisagera des lignes de résistance siégeant soit à la périphérie, soit à l'intérieur du membre.

Si le développement se ralentit ou s'arrête vers le pourtour, la résistance marginale provoque la *périnastie*. Quand la résistance s'étend à tout le pourtour, le limbe est uniformément embouti; quand elle se localise vers une extrémité, le limbe forme soit une poche à la base, soit un capuchon au sommet; quand elle est limitée à la partie moyenne, une gibbosité lui correspond.

Les lignes intérieures de résistance sont formées par les faisceaux, entre lesquels le système lamineux poursuit son développement en sortant du plan où il s'est formé. La résistance des cordons conducteurs (δεσμός) provoque la *desmonastie*. Les émergences antitropes sont le produit de la desmonastie.

Les manifestations les plus simples de la desmonastie sont le bombement du système lamineux entre les mailles du réseau desmique (dictyonastie) et la saillie sur l'une ou l'autre face de bourrelets le long des grosses nervures (névronastie). Les déplacements restreints n'éveillent pas encore l'idée d'émergence.

Les émergences ont la même origine; mais elles poursuivent leur développement en s'affranchissant du membre dont elles faisaient partie. Le bourrelet passe au ruban ou à la crête en prenant la structure bifaciale et l'orientation antitrope. Les crêtes antitropes le long de la nervure médiane sont normales à la face ventrale du *Senecio sagittifolius*, à la face dorsale du *Cephalotus follicularis*; elles sont fréquentes à la même face des Aracées, aux deux faces des Aristoloches et des Gesnéracées.

Les crêtes émergeant au voisinage de la nervure médiane peuvent

s'étendre au point d'égaler la moitié du limbe; on a l'impression de deux feuilles adossées (*Citrus Aurantium* d'après Masters) ou affrontées (*Strelitzia ovata* d'après Jæger).

En se dégageant davantage, la crête prend l'aspect d'une nouvelle feuille. L'émergence antitrope foliacée sera, pour abréger, nommée *foliette*. On connaît des exemples de foliettes ventrales chez les *Spiræa salicifolia*, *Podophyllum peltatum*, *Corylus Avellana*, etc. Sur une foliole de *Juglans regia* de forme juvénile, Cas. de Candolle décrit une foliette ventrale de chaque côté de la nervure principale.

Les foliettes, comme les feuilles dont le développement est gêné, prennent souvent la forme de cornet ou scyphie. Le Chou-fleur en fournit l'exemple classique bien décrit par Ch. Bonnet (1779).

Celakovsky mentionne, chez le *Syringa vulgaris*, une hyposcyphie ventrale émergeant au voisinage de la nervure médiane dans le prolongement d'une échancrure marginale. J'ai pu préciser le mécanisme de cette formation par une observation analogue sur le *Lunaria biennis;* le développement, ralenti entre deux grosses nervures et même arrêté à la périphérie au point de laisser une échancrure, a repris vers la nervure médiane en sortant du plan du limbe pour former une épiscyphie dorsale.

Les effets de l'hétéronastie normale ou de l'allonastie tératologique se manifestent sur les pétales et les étamines comme sur les feuilles. L'hyponastie et l'épinastie sont connues. La gibbosité de la gorge des Boraginées résulte de la périnastie locale.

Les lames antitropes constituant la catacorolle de Ch. Morren résultent, comme les foliettes, de la desmonastie. Elles sont fréquentes chez les Gesnéracées : *Sinningia speciosa* (Decaisne, 1860), *S. caulescens* (Eichler, 1876), *Nægelia* sp. (Duchartre, 1883), les Scrophulariacées : *Verbascum phlomoides*, *Linaria vulgaris*, *Antirrhinum majus*, *Pentstemon gentianoides*, *Mimulus luteus*. Parmi les Solanées, Penzig les signale chez le *Nicotiana Tabacum*. Dans les *Datura* à fleur pleine on les rencontre sur les corolles supplémentaires. Wydler décrit sur les pétales de *Datura arborea* des lames antitropes disposées de chaque côté de la nervure, sur la face dorsale comme les foliettes sur la face ventrale des feuilles juvéniles du *Juglans regia*.

On a signalé chez le *Tulipa silvestris*, sur la face dorsale des pétales, des crêtes antitropes donnant, comme les feuilles d'Oranger de Masters, l'apparence de membres adossés réunis par la nervure médiane (Celakovsky), et des entonnoirs le long de cette nervure (Camus).

Nous devons à Masters la connaissance d'anomalies de même ordre dans

l'androcée de *Rhododendron* dont il ne précise pas l'espèce. Le filet élargi prend l'organisation d'une lame pétalaire. Le pétalisme peut s'étendre au connectif, s'arrêter à la base de l'anthère ou plus bas. De la face ventrale de la lame émergent de petites lames antitropes, disposées en nombre variable de chaque côté de la nervure médiane comme les foliettes de Noyer.

En résumé, les émergences ne sont pas des formations de valeur morphologique indéterminée. Du moins les foliettes antitropes des phyllomes, les lames antitropes des frondomes sont, non des formations nouvelles, mais des portions déplacées de membres antérieurement formés; elles ont nécessairement la même valeur morphologique que le membre dont elles procèdent.

Le déplacement et l'antitropie ont pour cause la résistance opposée par les faisceaux, en un mot la desmonastie.

M. Appell, en présentant à l'Académie la deuxième édition des *Principes de la théorie des fonctions elliptiques et applications*, s'exprime comme il suit :

Cette deuxième édition conserve le caractère essentiel d'être un *Traité élémentaire* des fonctions elliptiques, en un seul volume, contenant les principes de la théorie et montrant, par des exemples divers, combien ces fonctions sont utiles pour la résolution de certaines questions de Géométrie, de Mécanique et de Physique mathématique.

Parmi les additions de l'édition actuelle, figurent une étude approfondie du problème de l'inversion, la théorie des polygones de Poncelet, celle de la surface des ondes considérée comme l'exemple le plus simple des surfaces hyperelliptiques de rang 2, celle des fonctions modulaires $J(\tau)$ et $K^2(\tau)$, etc.

Cette édition, en reproduisant la première rédaction que nous avons faite, Lacour et moi, s'est ainsi enrichie d'applications et de théories nouvelles. J'exprime ici tous mes remercîments à M. Garnier, l'éminent professeur de l'Université de Poitiers, qui a donné son concours à la nouvelle publication.

M. H. Le Chatelier fait hommage à l'Académie d'une brochure en deux parties :

Léon Guillet. *De Réaumur* (1683-1757). *Sa vie. Son œuvre;* et De Réaumur (de l'Académie des Sciences). *L'art de convertir le fer forgé en acier et l'art d'adoucir le fer fondu.* (Résumé de M. J. Cournot.)

Le **Prince Bonaparte** fait hommage à l'Académie de la traduction française de l'Ouvrage du Colonel **Howard-Bury** ayant pour titre *A la conquête du Mont Everest*, pour lequel il a écrit une *Préface*.

NOMINATIONS.

M. le **Président du Conseil d'administration de l'Institut Pasteur** invite l'Académie à se faire représenter à la réunion intime où sont conviés, le 27 décembre prochain, les représentants des Sociétés dont Pasteur faisait partie.

L'Académie désigne son Bureau.

CORRESPONDANCE.

M. le **Ministre des Finances** invite l'Académie à lui désigner un de ses Membres qui occupera, dans la *Commission de contrôle de la circulation monétaire*, la place vacante par l'expiration des pouvoirs de M. G. *Lemoine*.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° Louis Maillard. *Quand la lumière fut....* Tome I : *Les Cosmogonies anciennes.*

2° E. Lebert. *Électricité. Magnétisme. Gravitation. Mécanique. Théorie de la chaleur.* (Présenté par M. Mesnager.)

M. A. **Perot** adresse des remercîments pour la subvention qui lui a été accordée sur la *Fondation Loutreuil*.

Mme **Marie Phisalix**; MM. **J. Bied**, **A. Boutaric**, **C. Codron**, **Et. Foëx**, **J. Geffroy**, **Ph. Lasseur**, **A. Leduc**, **R. Lespieau**, **Louis Longchambon**, **Joseph Magrou**, **Marcel Massenet**, **Ch. Mauguin**, **Édouard Sauvage**, **Edmond** et **Étienne Sergent**, **Louis Spillmann** adressent des remercîments pour les distinctions que l'Académie a accordées à leurs travaux.

M. **Charles Le Morvan** adresse des remercîments pour la subvention qui lui a été accordée sur le *Fonds Bonaparte*.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur la détermination des lois de probabilité par leurs fonctions caractéristiques.* Note de M. **Paul Lévy**, transmise par M. Hadamard.

Considérons une loi de probabilité à une variable. On peut la définir, soit par la fonction $F(x)$ égale à la probabilité pour que la variable X soit dans l'intervalle $(-\infty, x)$, en précisant que, si la probabilité pour que l'on ait exactement $X = x$ n'est pas nulle, la moitié de cette probabilité est comptée dans $F(x)$, soit par la fonction caractéristique

$$(1) \qquad \varphi(z) = \int_{-\infty}^{+\infty} e^{izx}\, dF(x) = \varphi_0(z) + i\varphi_1(z).$$

Dans le cas où la fonction $F(x)$ est *absolument continue*, c'est-à-dire peut être obtenue par l'intégration de sa dérivée $f(x)$, la loi de probabilité se déduit de $\varphi(z)$ par la formule de Fourier

$$2\pi f(t) = \int_{-\infty}^{+\infty} e^{-itz}\varphi(z)\, dz.$$

Le but de cette Note est d'indiquer l'extension de cette formule au cas général et d'étudier la continuité de la correspondance entre les fonctions $F(x)$ et $\varphi(z)$. Les résultats que j'obtiens permettent de préciser ceux de mes Notes du 27 mars et du 26 juin 1922 sur la loi de Gauss.

1. Calculons de deux manières différentes l'intégrale

$$I_c = \int_{-c}^{+c} \varphi(z)\, dz \int_0^t e^{-iz\tau}\, d\tau.$$

D'une part, en utilisant l'expression (1) de $\varphi(z)$, on trouve

$$(2) \qquad I_c = 2\int_{-\infty}^{+\infty} [F(x+t) - F(x)] \frac{\sin cx}{x}\, dx,$$

expression qui tend, pour c infini, vers $2\pi[F(t) - F(0)]$. D'autre part, en effectuant l'intégration par rapport à τ, on trouve

$$(3) \qquad I_c = \int_{-c}^{+c} \frac{\varphi_0(z)\sin tz + \varphi_1(z)(1-\cos tz)}{z}\, dz,$$

d'où, par comparaison avec le résultat précédent,

$$(4) \qquad F(t) - F(0) = \frac{1}{2\pi}\int_{-\infty}^{+\infty} \frac{\varphi_0(z)\sin tz + \varphi_1(z)(1-\cos tz)}{z}\, dz,$$

cette intégrale étant certainement convergente. Cette formule, jointe à la condition $F(-\infty) = 0$, détermine $F(x)$.

2. On dit qu'une loi de probabilité variable définie par la fonction $F(x)$ tend vers une loi fixe définie par $\overline{F}(x)$ si $F(x)$ tend vers $\overline{F}(x)$, sauf peut-être aux points de discontinuité de $\overline{F}(x)$. Avec cette définition : *la condition nécessaire et suffisante pour qu'une loi de probabilité dont la fonction caractéristique est $\varphi(z)$ tende vers une loi dont la fonction caractéristique est $\overline{\varphi}(z)$ est que $\varphi(z)$ tende vers $\overline{\varphi}(z)$, et cela uniformément dans tout intervalle fini.*

La condition est évidemment nécessaire.

Pour démontrer qu'elle est suffisante, considérons le groupe G_μ formé par les lois de probabilité pour lesquelles la fonction $F(x)$ est absolument continue et $f(x) \leq \mu$, $f(x)$ étant la dérivée de $F(x)$. C'est un groupe en ce sens que deux lois appartenant au groupe donnent par composition une loi appartenant au groupe; il suffit même qu'une des lois composantes appartienne au groupe pour que la loi résultante lui appartienne certainement.

Pour démontrer le théorème énoncé, on peut ramener le cas général au cas de lois appartenant au groupe G_μ. Il suffit de remplacer les lois considérées par celles qu'on en déduit en les composant avec une loi continue, par exemple celle de Gauss, pour laquelle

$$(5) \qquad F(x) = \int_{-\infty}^{x} e^{\frac{x^2}{2a^2}} \frac{dx}{a\sqrt{2\pi}}, \qquad \varphi(z) = e^{-\frac{a^2 z^2}{2}}.$$

Si a est assez petit, cela modifie aussi peu qu'on le veut les fonctions qui interviennent dans l'énoncé du théorème. La loi de Gauss, et par suite les lois de probabilité modifiées par composition avec elle, appartenant au groupe G_μ pour $\mu = \frac{1}{a\sqrt{2\pi}}$, il suffit de démontrer le théorème pour les lois de ce groupe.

Or dans ce cas il résulte de (2) que I_c diffère de sa limite de moins que n'importe quel nombre positif $\frac{2}{3}\pi\varepsilon$, pourvu que c soit supérieur à une valeur convenable, fonction de μ et ε seulement. On le voit aisément en précisant la démonstration classique du fait que l'intégrale (2) tend vers $2\pi[F(t) - F(0)]$. Pour démontrer que $F(t) - F(0)$ diffère de moins de ε de la valeur $\overline{F}(t) - \overline{F}(0)$ relative à la loi limite, il suffit alors de démontrer que, c étant choisi comme il vient d'être dit, I_c diffère de moins de $\frac{2}{3}\pi\varepsilon$ de la valeur $\overline{I}_c$ relative à cette loi ; cela résulte de la formule (3) et de l'hypothèse

que $\varphi(z)$ tende uniformément vers $\overline{\varphi}(z)$ dans tout intervalle fini. Alors $F(t)$ tend vers $\overline{F}(t) +$ const., cette constante ne pouvant d'ailleurs évidemment être que nulle, et le théorème est démontré.

3. Dans mes Notes citées plus haut, je considère la composition d'un grand nombre de lois de probabilité pour chacune desquelles la valeur moyenne de la variable est nulle et la valeur quadratique moyenne a une valeur finie m. Je suppose de plus que $\Sigma m^2 = 1$, et que :

1° Le plus grand des nombres m est au plus égal à un nombre très petit η;

2° Pour l'ensemble des lois *réduites* correspondantes (c'est-à-dire ramenées par un changement d'unité à vérifier la condition $m = 1$), les intégrales définissant m^2 sont également convergentes.

Dans ces conditions, j'ai énoncé ce théorème que, η tendant vers zéro, la loi résultante tend vers celle de Gauss, définie par la formule (5) pour $a = 1$. J'ai seulement démontré, dans la seconde des Notes citées, que la fonction $\varphi(z)$ tend vers $e^{-\frac{z^2}{2}}$. D'après ce qui précède, ce résultat équivaut bien au théorème énoncé, et l'on peut affirmer que la fonction $F(x)$ relative à la loi résultante tend (et même uniformément) vers la valeur (5), écrite pour $a = 1$.

Il n'est donc pas nécessaire d'introduire, comme on le fait généralement, des hypothèses relatives à la convergence des intégrales définissant, pour les lois considérées, les moyennes d'un ordre α supérieur à 2.

THÉORIE DES NOMBRES. — *Sur quelques approximations nouvelles.* Note de M. VAN DER CORPUT, présentée par M. Émile Borel.

Pour calculer approximativement le nombre des points à coordonnées entières situés dans des domaines plans donnés, on dispose actuellement de cinq méthodes différentes dues respectivement à Voronoï ([1]), Pfeiffer ([1]),

([1]) Dans ma Thèse [*Over roosterpunten in het platte vlak* (*De beteekenis van de methoden van Voronoï en Pfeiffer*), Leiden 1919] j'ai comparé les méthodes de Voronoï, de Pfeiffer et de Landau (p. 7), et j'ai donné la bibliographie complète concernant ces méthodes. Les méthodes de Pfeiffer et de Voronoï ont été ensuite simplifiées par M. Landau et moi-même dans l'article suivant : *Ueber Gitterpunkte in ebenen Bereichen* (*Nachrichten von der Königl. Gesellschaft der Wissenschaften zu Göttingen, mathematisch-physikalische Klasse*, 1920, p. 135-171).

Landau (¹), Piltz (²) et moi-même (³). Ma méthode m'a permis de démontrer la proposition suivante (⁴) :

Étant données :

1° Une fonction $\psi(v)$ réelle et périodique de période 1, unioscillante dans l'intervalle $0 < v < 1$ et satisfaisant à

$$|\psi(v)| \leq 1 \quad (0 \leq v \leq 1), \qquad \text{et} \qquad \int_0^1 \psi(v)\,dv = 0;$$

2° Une fonction unioscillante $f(u)$ deux fois dérivable sur le segment $a \leq u \leq b$ $(a + 1 \leq b)$, et, soit constamment positive, soit constamment négative ; il existe une constante absolue c telle que

$$\left| \sum_{\substack{a \leq n \leq b \\ n \text{ entier}}} \psi[f(n)] \right| < c \left(\int_a^b |f''(u)|^{\frac{1}{3}} du + \frac{1}{\sqrt{|f''(a)|}} + \frac{1}{\sqrt{|f''(b)|}} \right).$$

Toutes les approximations obtenues au moyen des méthodes citées plus haut se déduisent de la proposition précédente pour le cas particulier où $\psi(v) = v - \mathrm{E}(v) - \frac{1}{2}$. [$\mathrm{E}(v)$ = partie entière de v]. Toutes sont améliorées, si l'on peut remplacer dans le membre de droite de l'inégalité l'exposant $\frac{1}{3}$ par un nombre plus grand. J'ai montré que ceci est possible dans divers cas. Je citerai les applications les plus importantes de ces propositions.

Dans les formules ci-après, θ est une constante absolue $< \frac{1}{3}$, x désigne un membre positif croissant indéfiniment, et O est le symbole connu de M. Landau.

1. L'ellipse réelle

$$a_{11}u^2 + 2a_{12}uv + a_{22}v^2 + 2a_{13}u + 2a_{23}v + a_{33} = x$$

(où les coefficients du premier membre sont indépendants de x) contient à

(¹) *Loc. cit.*

(²) E. LANDAU, *Ueber Dirichlets Teilerproblem* (*Nachrichten von der Königl. Gesellschaft der Wissenschaften zu Göttingen, mathematisch-physikalische Klasse*, 1920, p. 13-32). — J.-G. VAN DER CORPUT, *Zahlentheoretische Abschätzungen nach der Piltzschen Methode* (*Mathematische Zeitschrift*, t. 10, 1921, p. 105-120).

(³) *Zahlentheoretische Abschätzungen* (*Mathematische Annalen*, t. 84, 1921, p. 53-79).

(⁴) On trouvera les détails des démonstrations dans un autre Recueil.

son intérieur et sur son contour

$$\frac{\pi x}{\sqrt{a_{11}a_{22}-a_{12}^2}}+O(x^\theta)$$

points dont les coordonnées sont entières; si λ et μ ne sont pas entiers, la somme $\sum e^{2\pi i(\lambda u+\mu v)}$, étendue à tous les couples de coordonnées u et v de ces points, est égale à $O(x^\theta)$.

2. Le nombre des points à coordonnées entières, situés à l'intérieur et sur le contour d'un secteur, formé de deux segments OP et OQ (O étant l'origine de coordonnées) et de l'arc PQ de la courbe

$$a_{11}u^2+2a_{12}uv+a_{22}v^2=x;$$

est égal à $J+\frac{1}{2}B+O(x^\theta)$, où J désigne l'aire du secteur et B le nombre des points à coordonnées entières situés sur les deux segments OP et OQ. Les coefficients angulaires des deux segments sont supposés rationnels et indépendants de x.

3. Dans chaque corps quadratique le nombre des idéaux d'une classe donnée avec une norme $\leq x$ est égal à $\frac{\gamma}{h}x+O(x^\theta)$; dans cette expression h est le nombre des classes du corps, et $\gamma=\sum_{n=1}^{\infty}\left(\frac{D}{n}\right)\cdot\frac{1}{n}$, où D désigne le nombre fondamental du corps, $\left(\frac{D}{n}\right)$ le symbole de Jacobi.

Dans les trois formules précédentes l'exposant θ remplace l'exposant $\frac{1}{3}$ donné antérieurement par MM. Landau, Hammerstein et moi.

4. (Application au problème des diviseurs). Soient $T(n)$ le nombre des diviseurs du nombre entier positif n, $\tau(x)$ la fonction

$$\tau(x)=\sum_{n\leq x}T(n)=\sum_{n\leq x}E\left(\frac{x}{n}\right)\qquad(x>0),$$

C la constante d'Euler, $\Delta(x)$ la fonction $\tau(x)-x\log x-(2C-1)x$.

Au lieu de $\Delta(x)=O(\sqrt[3]{x}\log x)$ (Voronoï), j'ai obtenu $\Delta(x)=O(x^\theta)$. J'ai démontré directement que l'exposant θ peut ici être choisi inférieur à 0,33 [1].

---

[1] *Verschärfung der Abschätzung beim Teilerproblem* (*Mathematische Annalen*, t. 87, 1922, p. 39-65).

5. Si λ n'est pas entier, on a

$$\sum_{n=1}^{E(x)} e^{2\pi i\lambda n}\, E\left(\frac{x}{n}\right) = x\sum_{n=1}^{\infty} \frac{e^{2\pi i\lambda n}}{n} + O(x^{\theta});$$

$O(x^{\theta})$ remplace $O(\sqrt[3]{x}\log x)$ de M. Landau.

6. En supposant que w est un nombre positif, indépendant de x, j'ai de même perfectionné l'approximation des formules

$$\sum_{n=1}^{E(x)} E\left(\frac{x^{w}}{n^{w}}\right) = \zeta(w)\,x^{w} + \zeta\left(\frac{1}{w}\right)x + O\left(x^{\frac{w}{2w+1}}\right) \qquad \text{si } w < 1,$$

$$= x\log x + (2C-1)x + O\left(x^{\frac{1}{3}}\log x\right) \qquad \text{si } w = 1,$$

$$= \zeta(w)\,x^{w} + \zeta\left(\frac{1}{w}\right)x + O\left(x^{\frac{w}{w+2}}\right) \qquad \text{si } w > 1,$$

$$\sum_{n=1}^{E(x)} \sum_{d/n} d^{\pm w} = \frac{\zeta(1\pm w)}{1\pm w}\,x^{1\pm w} + \zeta(1\mp w)\,x + O\left(x^{\frac{x+w\pm 3w}{6}}\right) \qquad \text{si } w < 1,$$

contenues dans ma Thèse [$\zeta(s)$ est la fonction de Riemann].

7. Dans les approximations du nombre des classes positives quadratiques d'un discriminant négatif [Landau (1)], le reste, $O\left(x^{\frac{5}{6}}\log x\right)$, peut être remplacé par $O(x^{\eta})$, où η est inférieur à $\frac{5}{6}$ et indépendant de x.

THÉORIE DES ENSEMBLES. — *Sur l'existence de toutes les classes d'ensembles mesurables* (B). Note de M. **W. Sierpinski**, présentée par M. Henri Lebesgue.

L'existence de fonctions de toutes les classes de Baire a été démontrée en 1905 par M. Lebesgue (2); de l'existence de fonctions de toutes les classes on déduit sans peine l'existence d'ensembles mesurables (B) de toutes les classes.

Le but de cette Note est de démontrer directement l'existence d'ensembles

---

(1) *Die Bedeutung der Pfeifferschen Methode für die analytische Zahlentheorie* (*Sitzungsberichte der kaiserl. Akademie der Wissenschaften in Wien, mathem.-naturw. Klasse*, t. 121, II *a*, 1912, p. 2195-2332 et p. 2199, 2200, 2201, 2202).

(2) *Journal de Mathématiques*, 6e série, t. 1. — Voir aussi De la Vallée Poussin, *Intégrales de Lebesgue*, etc. Paris, 1916, p. 145 et suiv. — H. Hahn, *Theorie der reellen Funktionen*, t. 1, Berlin, 1921, p. 374 et suiv.

de toutes les classes (d'où, à son tour, on pourrait déduire sans peine l'existence de fonctions de toutes les classes). L'idée de cette démonstration m'a été suggérée par la construction de MM. Souslin et Lusin d'un ensemble plan mesurable (B) dont la projection n'est pas mesurable (B) ([1]).

Il existe plusieurs classifications des ensembles mesurables (B). Nous prendrons ici celle de M. Hausdorff ([2]).

Les ensembles linéaires ouverts constituent la classe 1.

Si α est un nombre ordinal pair ($\alpha = 2\beta$), la classe α est formée de tous les ensembles linéaires qui ne sont pas de classes inférieures à α et qui sont produits d'une infinité dénombrable d'ensembles de classes $< \alpha$.

Si α est un nombre ordinal impair $(\alpha = 2\beta + 1) > 1$, la classe α est formée de tous les ensembles linéaires qui ne sont pas de classes $< \alpha$ et qui sont sommes d'une infinité dénombrable d'ensembles de classes $< \alpha$.

Soit α un nombre ordinal donné. Il est bien évident qu'on peut obtenir tout ensemble de classe $\leqq \alpha$ en effectuant, suivant une loi déterminée ne dépendant que de α, une infinité dénombrable d'additions et de multiplications à partir des intervalles ouverts aux extrémités rationnelles. Plus précisément, il existe pour tout nombre ordinal α une fonction d'une infinité dénombrable de variables $\Phi_\alpha(E_1, E_2, E_3, \ldots)$, obtenue par une infinité dénombrable d'additions et de multiplications à partir de ces variables, qui donne tout ensemble de classe $\leqq \alpha$ si l'on substitue à E_n des intervalles aux extrémités rationnelles convenables, et qui ne donne que les ensembles de classe $\leqq \alpha$ (ou des ensembles vides) quand les E_n sont des intervalles aux extrémités rationnelles quelconques. On voit aussi sans peine que si

$$P = \Phi_\alpha(E_1, E_2, E_3, \ldots), \qquad Q = \Phi_\alpha(H_1, H_2, H_3, \ldots)$$

et si, x étant un point de P, y est un point qui appartient à H_k pour tout indice k pour lequel x appartient à E_k, alors y est un point de Q.

Soit maintenant α un nombre ordinal donné : nous prouverons qu'il existe un ensemble linéaire mesurable (B) de classe $> \alpha$.

Les intervalles aux extrémités rationnelles formant un ensemble dénombrable, on peut les ranger dans une suite infinie

$$J_1, J_2, J_3, \ldots;$$

([1]) Paraîtra dans le Tome 5 des *Fundamenta Mathematicæ*.

([2]) Cf. *Comptes rendus*, t. 171, 1920, p. 24. On pourrait aussi bien prendre la classification de M. Lebesgue (ensembles F et O de classe α).

x étant un nombre irrationnel de l'intervalle (0, 1), désignons par

$$x = \frac{1|}{|n_x^1} + \frac{1|}{|n_x^2} + \frac{1|}{|n_x^3} + \ldots$$

son développement en fraction continue infinie.

Posons

(1) $$M = E[x \in \Phi_\alpha(I_{n_x^1}, I_{n_x^2}, I_{n_x^3}, \ldots)],$$

c'est-à-dire désignons par M l'ensemble de tous les nombres x qui appartiennent à l'ensemble correspondant

$$\Phi_\alpha(I_{n_x^1}, I_{n_x^2}, I_{n_x^3}, \ldots).$$

Il résulte sans peine de la propriété de la fonction Φ_α que

$$\Phi_\alpha(I_{n_x^1}, I_{n_x^2}, \ldots)$$

peut représenter, par un nombre irrationnel x de (0, 1) convenable, tout ensemble linéaire de classe $\leqq \alpha$. On en déduit sans peine, par un raisonnement connu de Cantor, que le complémentaire de M par rapport à l'ensemble Q de tous les membres irrationnels de l'intervalle (0, 1), c'est-à-dire l'ensemble $N = Q - M$, ne peut être de classe $\leqq \alpha$.

Or je dis que l'ensemble N est mesurable (B). En effet, désignons par $Q(k, m)$ l'ensemble de tous les nombres de Q dont la fraction continue a pour $k^{\text{ième}}$ dénominateur le nombre m, et posons

(2) $$E_k = \sum_{m=1}^{\infty} Q(k, m) I_m \qquad (k = 1, 2, 3, \ldots),$$

ce seront évidemment des ensembles mesurables (B). Posons

(3) $$E = \Phi_\alpha(E_1, E_2, E_3, \ldots);$$

on voit sans peine que ce sera un ensemble mesurable (B). Nous prouverons que $E = M$.

D'après (2), (3) et la propriété de la fonction Φ_α, il suffira évidemment de démontrer que, pour tout nombre x de Q et tout nombre naturel k, la formule $x \in I_{n_x^k}$ entraîne la formule $x \in E_k$ et inversement.

Soient donc x un nombre de Q et k un nombre naturel, tels que

(4) $$x \in I_{n_x^k}.$$

Il s'ensuit de la définition du nombre n_x^k et de l'ensemble $Q(k, m)$ que nous

avons toujours

$$x \in Q(k, n_x^k). \tag{5}$$

Les formules (4) et (5) donnent $x \in Q(k, n_x^k) I_{n_x^k}$, donc, d'après (2),

$$x \in E_k. \tag{6}$$

Or, soit x un nombre de Q et k un indice pour lesquels subsiste la formule (6). D'après (2), nous avons donc

$$x \in \sum_{m=1}^{\infty} Q(k, m) I_m. \tag{7}$$

Il s'ensuit immédiatement de la définition des ensembles $Q(k, m)$ que les ensembles $Q(k, m)$ $(m = 1, 2, 3, \ldots)$ sont sans points communs deux à deux : il résulte donc de (7) l'existence d'un indice m unique, tel que

$$x \in Q(k, m) I_m. \tag{8}$$

Or, d'après (5) et (8), nous voyons que cet indice ne peut être autre que n_x^k : nous avons donc $m = n_x^k$ et la formule (8) donne

$$x \in Q(k, n_x^k) I_{n_x^k},$$

d'où résulte la formule (4).

Les formules (4) et (6) sont donc équivalentes, ce qui entraîne que $M = E$. Donc M, et par suite $N = Q - M$, est un ensemble mesurable (B). Or, comme nous le savons, N n'est pas de classe $\leq \alpha$: c'est donc un ensemble de classe $> \alpha$.

L'existence de toutes les classes est ainsi établie.

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Sur les fonctions méromorphes de deux variables.* Note de M. **Pierre Fatou**, présentée par M. Henri Lebesgue.

On sait qu'une fonction méromorphe d'une variable complexe peut s'approcher autant que l'on veut de toute valeur donnée. Existe-t-il une propriété analogue pour un système de deux fonctions méromorphes (indépendantes) de deux variables complexes, autrement dit deux fonctions de cette nature peuvent-elles prendre simultanément des valeurs infiniment voisines de deux valeurs données quelconques? La question ne paraît pas avoir été élucidée bien que, dans une Note relative à l'itération

des substitutions rationnelles de deux variables (¹), un Mathématicien distingué ait paru admettre la propriété indiquée, et même aussi, que les systèmes de valeurs que ces fonctions ne peuvent prendre forment tout au plus deux courbes. Pourtant, l'application même que l'Auteur avait en vue aurait pu, semble-t-il, montrer non seulement que cette dernière affirmation est inexacte, mais encore que la propriété plus restrictive énoncée plus haut l'est également.

Soit

$$X = R(x, y),$$
$$Y = S(x, y)$$

une substitution birationnelle possédant un point double $O(a, b)$ de multiplicateurs k et k', avec $|k| > 1$, $|k'| > 1$, $\frac{\log k}{\log k'}$ n'étant pas un entier ni l'inverse d'un entier, et soient alors $\theta_1(u, v)$, $\theta_2(u, v)$ les deux fonctions méromorphes de M. Picard prenant les valeurs a et b pour $u = v = 0$, et vérifiant les équations

$$\theta_1(ku, k'v) = R[\theta_1(u, v), \theta_2(u, v)],$$
$$\theta_2(ku, k'v) = S[\theta_1(u, v), \theta_2(u, v)].$$

Soit enfin P le point (ξ, η) tel que les équations

$$\theta_1(u, v) = \xi,$$
$$\theta_2(u, v) = \eta$$

admettent la solution (u_0, v_0). On aura

$$\theta_1\left(\frac{u_0}{k^n}, \frac{v_0}{k'^n}\right) = R_{-n}(\xi, \eta),$$
$$\theta_2\left(\frac{u_0}{k^n}, \frac{v_0}{k'^n}\right) = S_{-n}(\xi, \eta),$$

R_{-n} et S_{-n} étant les fonctions rationnelles par hypothèse, qui font l'inversion de la $n^{\text{ième}}$ itérée de la substitution donnée; on conclut de là, en faisant tendre n vers l'infini, que P_{-n}, $n^{\text{ième}}$ antécédent de P, tend vers O. Or, supposons que la substitution donnée possède un deuxième point double $O'(c, d)$, de multiplicateurs également > 1 en module; si P est suffisamment voisin de O', P_{-n} tendra vers O' et non vers O, O' étant un point double attractif de la substitution inverse : cela est bien connu et résulte, si l'on

---

(¹) *Comptes rendus*, t. 166, 1898, p. 151.

veut, de ce qui précède, en remplaçant θ_1 et θ_2 par les fonctions analogues relatives à O′. Il s'ensuit que le système de fonctions θ_1 et θ_2 ne prendra jamais les valeurs représentées par les points d'un domaine D′ entourant O′, D′ renfermant une hypothèse de rayon fini. Notre assertion est donc exacte pourvu que l'on admette l'existence de substitutions birationnelles ayant au moins deux points doubles O et O′ de l'espèce indiquée. Bien que la chose paraisse évidente par une énumération de paramètres, il importe, ne connaissant pas les relations qui peuvent exister entre les multiplicateurs, même pour une substitution crémonienne à coefficients arbitraires, de vérifier sur un exemple que nos hypothèses peuvent être réalisées.

Soit la substitution birationnelle quadratique

$$X = \frac{ax + by + 1}{a'x + b'y + c'},$$
$$Y = \frac{ax + by + 1}{a''x + b''y + c''}.$$

dépendant de huit paramètres; si on l'assujettit à avoir deux points doubles donnés, cela donne quatre relations linéaires entre les coefficients; il en reste quatre arbitraires et les multiplicateurs en ces points, dépendant de quatre paramètres, pourront en général prendre des valeurs arbitraires; toutefois, quand il y a certaines relations entre les points doubles, ces quatre multiplicateurs cessent d'être indépendants. On constate qu'il n'en est pas ainsi quand on choisit les deux points doubles

$$(+1, +1) \quad \text{et} \quad (-1, +2).$$

Le calcul donne en effet, en appelant Σ_1, Π_1, Σ_2, Π_2 la somme et le produit des multiplicateurs pour les deux points :

$$(1) \qquad \left\{ \begin{aligned} \Sigma_1 &= \frac{\lambda - \rho}{\lambda}, \\ \Sigma_2 &= \frac{\mu + \nu - 2\rho + 2}{\mu}, \\ \Pi_1 &= -\frac{\mu\nu}{2\lambda^2}, \\ \Pi_2 &= -\frac{2\lambda\rho}{\mu^2}; \end{aligned} \right.$$

$$(2) \qquad \left\{ \begin{aligned} \lambda &= a - b + 1, \\ \mu &= 2b - a + 1, \\ \nu &= a'' - 2b'' - 1, \\ \rho &= a' + b'' + 1. \end{aligned} \right.$$

On voit facilement qu'on peut résoudre les équations (1) en λ, μ, ν, ρ, connaissant les premiers membres; on en déduit ensuite les coefficients a, b, ... On pourra donc prendre les quatre multiplicateurs > 1, puisqu'arbitraires [1].

En général, si O est un point double de l'espèce précédente d'une substitution crémonienne, et D le domaine des points P tels que P_{-n} tende vers O, D qui a toujours des points frontières, *jamais isolés*, peut admettre aussi, d'après ce qui précède, des points extérieurs. Mais D est traversé en général par une droite quelconque, et il conserve cette propriété quand on le transforme par une substitution birationnelle régulière en O.

ASTRONOMIE. — *Statistique des étoiles faibles dans une région limitée de la voie lactée.* Note de M. **Luc Picart**, présentée par M. Baillaud.

Si l'on admet que le temps de pose minimum t, permettant d'obtenir la trace d'une étoile sur une plaque photographique, varie en raison de l'éclat apparent de l'étoile (indépendamment de la couleur), on voit facilement qu'entre t et la magnitude m de l'étoile existe la relation

$$\log_{10} t = 0{,}4\,m + K, \tag{1}$$

K étant une constante qui dépend naturellement de la sensibilité de la plaque, de l'état du ciel, de l'objectif, etc.; si l'on opère dans les mêmes conditions avec des plaques de la même émulsion, la formule montre que, lorsqu'on multiplie t par λ, la magnitude des étoiles à la limite de visibilité est augmentée de $\frac{\log \lambda}{0{,}4}$.

Soit, pour une région déterminée du ciel, n le nombre des étoiles dont la magnitude est inférieure ou égale à m; si les étoiles étaient d'éclats absolus

---

(1) Voici un exemple plus général; soit

$$x_1 = my, \qquad y_1 = \frac{x\alpha(y) + \beta(y)}{x\gamma(y) + \delta(y)},$$

α, β, γ, δ, polynomes en y que nous supposerons de degré $2q-1$ et à coefficients indéterminés; on peut en disposer de manière que les multiplicateurs en q points doubles, dont on se donne les y, aient des valeurs données à l'avance. Cela contredit le résultat énoncé à la fin de la note citée plus haut.

égaux entre eux, et si elles étaient réparties uniformément, on aurait

$$\frac{n}{n_0} = (2,512)^{\frac{3}{2}(m-m_0)}, \tag{2}$$

n_0 étant le nombre des étoiles de magnitude au plus égale à m_0; l'élimination de m entre (1) et (2) donne

$$\log t = \frac{2}{3}\log n + K_1, \tag{3}$$

K_1 étant une nouvelle constante.

En effectuant une série de poses dont les durées croissent en progression géométrique, on trouverait donc sur les plaques, si les hypothèses faites étaient exactes, des nombres d'étoiles croissant également en progression géométrique, la raison de cette dernière étant celle de la première, élevée à la puissance $\frac{3}{2}$.

Il est impossible d'admettre que les étoiles ont même luminosité; mais on peut remarquer que la formule (2) est encore exacte quand la distribution des étoiles est telle que le nombre de celles de même luminosité soit proportionnel au volume qui les contient; d'autre part, quand le nombre des étoiles devient très grand, on peut considérer un éclat absolu moyen dont les luminosités véritables s'écartent à peu près également dans les deux sens.

En raison de cette dernière considération, nous avons choisi, pour une étude de la distribution des étoiles, une région particulièrement peuplée, celle de la Carte du Ciel n° 149 de la zone confiée à l'Observatoire de Bordeaux ($19^h44^m, +16°$), dont le cliché contenait 10150 étoiles; M. Godard a pris, avec des plaques radio-éclair Guilleminot qui servent habituellement, une série de poses dont les durées successives, $7^s,5$, 15^s, 30^s, ..., vont en doublant de l'une à l'autre jusqu'à 2^h8^m; nous n'avons retenu ici que des poses de plus d'une minute, pour lesquelles le nombre n devenait important. Voici le Tableau des résultats :

t.	1^m.		2^m.		4^m.		8^m.		16^m.		32^m.		64^m.		128^m.
m.......	12,5		13,25		14,0		14,75		15,5		16,25		17,0		17,75
n........	496		702		1366		3356		6442		12491		29078		52645
$n'-n$...		206		664		1990		3086		6049		16587		23567	
$\frac{n''-n'}{n'-n}$...			3,22		2,99		1,62		1,96		2,74		1,42		

Nous avons introduit dans les deux dernières lignes les différences des

nombres n pour éliminer l'influence des étoiles brillantes; si les étoiles étaient distribuées d'une façon uniforme, le rapport $\frac{n'}{n}$ devrait être constant, et sa valeur serait aussi celle du rapport $\frac{n''-n'}{n'-n}$ de deux différences consécutives; la valeur théorique de ce rapport serait $2^{\frac{3}{2}} = 2,828$.

Il résulte de ce Tableau que, dans la région considérée, il y a une condensation des étoiles vers la 13e-14e magnitude, raréfaction vers la 15e magnitude suivie d'une nouvelle condensation relative et d'une raréfaction nette vers la 17e magnitude; cette conclusion appuierait l'hypothèse, souvent émise, que la Voie lactée représente, dans son ensemble, une nébuleuse spirale.

Il est nécessaire d'expliquer comment ont été déterminés les nombres de la seconde ligne comme représentation approchée des magnitudes : les catalogues d'Harvard College ne contiennent que les magnitudes de sept étoiles de la région considérée; la plus faible de ces étoiles ($m = 8,74$) est très nettement visible sur la pose de $7^s,5$; pour trouver la magnitude limite donnée par cette pose, et pour étudier expérimentalement la loi (1), M. Godard a repris, dans une même soirée, d'abord de courtes poses de la région précédente, puis, avec les mêmes poses que précédemment, des clichés de la *selected area* 88 d'Harvard College; d'une plaque à l'autre, on devait gagner $\frac{3}{4}$ de magnitude. Il est difficile de vérifier ce résultat avec précision; d'une part, il n'était pas possible de diminuer les poses, et elles n'auraient donné que les étoiles brillantes que nous avons cherché à éliminer; d'un autre côté, l'identification des étoiles devient délicate en raison de leur nombre, et il arrive que, si l'on repère exactement une étoile à la limite de sensibilité, on la découvre nettement, alors qu'on l'aurait négligée dans une statistique faite avec une simple loupe.

On a été ainsi conduit à se borner à l'examen des premières plaques; le Tableau suivant donne, sur une première ligne, les magnitudes adoptées d'après la loi (1); au-dessous figurent les numéros d'Harvard College des étoiles à la limite de visibilité

m.	Nos.		
10,25	677 (10,5)	923 (10,5)	»
11,0	513 (11,0)	»	»
11,75	427 (11,7)	»	»
12,5	752 (12,4)	»	»
13,25	1039 (13,0)	1052 (13,0)	»
14,0	647 (13,8)	651 (14,1)	»
14,75	496 (14,6)	865 (14,4)	1081 (14,7)
15,5	958 (15,3)	»	»

OPTIQUE. — *Sur le coefficient de Fresnel.* Note de M. Charles-L.-R.-E. Menges.

Ma Note précédente ([1]) a été prise par erreur comme *confirmation* du coefficient d'*entraînement*. En vérité, mon résultat est tout opposé.

J'ai montré qu'en calculant *correctement* la vitesse V de la lumière dans le corps transparent qui se meut avec la vitesse w dans la direction des rayons lumineux, on obtient la formule qui rend compte des expériences récentes les plus exactes *par simple addition de* V *avec* w.

L'entraînement admis jusqu'ici provient de la valeur *inexacte* $\frac{c}{\mu'}$ que l'on a tout simplement *attribuée* à tort à la vitesse de la lumière dans le corps transparent mobile et qui n'est pas du tout un résultat déterminé par l'expérience de Fizeau. Avec cette valeur j'obtiens la formule de Fresnel. Mais la vitesse réelle de la lumière dans les conditions de l'expérience est

$$V = \frac{c - w}{\mu'_w}$$

avec

$$\mu'_w = \frac{n'}{n}\mu + (n' - n)\frac{d\mu}{dn'} - \frac{n' - n}{n}$$

selon ma formule (12). V est la même vitesse que celle mesurée par une méthode directe, celle de la roue dentée ou du miroir tournant, la méthode étant bien entendu appliquée au corps transparent mobile.

Par habitude, pendant plus d'un siècle, on a continué à employer $\frac{c}{\mu'}$. On a été induit en erreur parce que la vitesse c de la lumière est tellement énorme qu'une différence introduite par une vitesse mécanique w est absolument négligeable dans presque toutes les expériences d'optique même des plus exactes. Mais ce qui est parfaitement admissible en général ne l'est pas pour l'expérience très spéciale qui permet de mesurer l'*effet produit par la vitesse* w. Dans ce cas il est certainement logique de tenir compte de cette vitesse partout où elle existe physiquement. Mon calcul montre alors que le véritable résultat expérimental est : *il n'y a pas entraînement.*

Ce résultat est de haute importance pour la théorie. La théorie qui croit fournir « une déduction théorique du coefficient d'entraînement » dans le sens d'un « entraînement des ondes lumineuses par la matière pondé-

([1]) *Comptes rendus*, t. 175, 1922, p. 574.

rable » ([1]), et qui admet que ledit coefficient « ne peut se déduire qu'au moyen d'hypothèses spéciales » ([2]), et la théorie qui prend l'expérience de Fizeau comme *experimentum crucis* en sa faveur, en particulier pour la formule $\frac{V+w}{1+\frac{Vw}{c^2}}$ qu'elle donne pour la composition des vitesses (Einstein), *ces théories sont donc erronées par essence* d'après mon résultat. Au lieu d'être basées sur un résultat d'expérience, *elles dérivent d'une interprétation erronée de l'expérience.*

MAGNÉTISME. — *Sur un procédé rapide de détermination des éléments du magnétisme terrestre.* Note de M. **A. Perot**, présentée par M. Henri Deslandres.

Le principe de l'appareil que j'ai l'honneur de présenter à l'Académie pour la détermination rapide des éléments magnétiques en un lieu : déclinaison, inclinaison, force totale, repose sur l'existence de courants d'induction dans une bobine mise en rotation dans le champ terrestre, et sur l'annulation de ces courants par la production, dans la région où tourne la bobine, d'un champ magnétique convenable, opposé au champ terrestre, et dû à deux bobines rectangulaires.

L'instrument comprend une bobine fermée sur elle-même, dont la section droite est un rectangle allongé; elle est enroulée sur un cylindre, les conducteurs étant parallèles aux génératrices et répartis suivant la loi sinusoïdale; la vitesse à laquelle elle peut tourner autour de l'axe du cylindre atteint 200 tours par seconde, elle est en porte à faux et se centre d'elle-même dès que la vitesse est suffisante. Le système d'entraînement se compose d'un train de poulies dont la multiplication est environ 220; quand cette bobine tourne dans le champ terrestre, elle est parcourue par un courant alternatif, la fréquence étant égale au nombre de tours.

Une bobine C enroulée sur un cylindre concentrique, extérieur à celui qui supporte la bobine mobile, est fixée dans un azimut quelconque; entre les extrémités de cette bobine fixe, par réaction de la bobine tournante, prend naissance une force électromotrice de fréquence double de celle du courant de la bobine mobile, ainsi que l'a montré M. Maurice Leblanc

---

([1]) Lorentz, *Arch. néerlandaises*, t. 25.

([2]) Lorentz, *Elektrische und optische Erscheinungen.*

(réaction d'induit des alternateurs). Cette bobine est connectée à un amplificateur 3ter de la Télégraphie militaire; le son obtenu dans le téléphone, quand la bobine centrale tourne, est assourdissant.

La compensation du champ terrestre se fait à l'aide de courants continus envoyés dans deux bobines B_1, B_2 enroulées sur le même cylindre que la bobine C. Le plan de la section droite de B_1 est horizontal, celui de B_2 vertical. La répartition des conducteurs à la surface du cylindre est sinusoïdale pour les deux enroulements. Si un courant i_1 est envoyé dans la bobine B_1, il produit à l'intérieur un champ vertical quasi uniforme et symétrique, normal à la section droite de la bobine. Soit φ_1 le flux d'induction maximum embrassé par la bobine tournante de surface S, on pourra écrire

$$\varphi_1 = sh_1,$$

le flux coupé par la bobine tournante sera presque rigoureusement sinusoïdal, et l'on pourra considérer le courant induit comme dû au champ h_1; il en sera de même pour la bobine B_2, à un courant i_2 correspondra un champ h_2.

Si les courants i_1 et i_2 sont réglés de telle sorte que la résultante des champs h_1 et h_2 soit égale et opposée à la composante du champ terrestre située dans le plan vertical normal aux sections droites des bobines B_1 et B_2, le son sera pratiquement éteint dans le téléphone; si donc on connaît les coefficients de proportionnalité de i_1 à h_1 et de i_2 à h_2, la mesure de i_1 et de i_2 permettra de connaître la valeur et la direction de la composante du champ terrestre.

Pour déterminer les éléments du magnétisme terrestre, il semble le plus commode de déterminer les composantes du champ dans deux plans rectangulaires, et par suite on réglera les intensités des courants de manière à éteindre le son du téléphone pour deux positions rectangulaires de l'appareil. Si i_1, i_2, i'_1, i'_2 sont les intensités trouvées, on devra avoir $i_1 = i'_1$ car la composante verticale est la même dans les deux positions; si h_1, h_2, h'_1, h'_2 sont les champs correspondant aux intensités, on en déduira par un calcul élémentaire la force totale et l'inclinaison; il suffira de repérer les plans de mesure relativement au méridien géographique pour avoir la déclinaison vraie.

Le tarage de l'appareil, c'est-à-dire la détermination de l'angle que font entre elles les bobines B_1 et B_2 et des coefficients qui lient les champs h_1 et h_2 aux intensités i_1 et i_2, a été fait de la manière suivante : On a construit suivant le dispositif d'Helmholtz, deux bobines circulaires identiques de

120^{cm} de diamètre, de 1^{cm} de hauteur et $0^{cm},9$ d'épaisseur; les bobines étant placées de telle sorte que leur distance moyenne soit leur rayon et leurs axes étant en coïncidence, le champ H dû à un courant I qui les traverse est uniforme sur une très grande étendue et peut être calculé. On avait

$$H = 1,361\ i\ (\text{ampères}).$$

L'appareil à tarer a été placé au centre du système des deux bobines fixes, l'axe du cylindre qui porte les bobines B_1 et B_2 étant perpendiculaire à l'axe des bobines d'Helmholtz; on a ouvert le circuit de la bobine mobile et l'on en a relié les extrémités à un amplificateur 3ter. Si on lance du courant alternatif dans les bobines d'Helmholtz, on entend dans le téléphone un son dont l'intensité dépend de l'orientation de la bobine mobile, en faisant tourner celle-ci on peut obtenir le silence; cette position est déterminée à une ou deux minutes près. En lançant ensuite le courant dans la bobine B_1 dont le champ h_1 est voisin d'être perpendiculaire à celui des bobines d'Helmholtz, on éteindra le son du téléphone en tournant la bobine réceptrice d'un angle α voisin de 90°. On répète l'opération en couplant en série la bobine B_1 et les bobines d'Helmholtz de façon à obtenir les résultantes $H + h_1$ et $H - h_1$ qui correspondent aux angles d'extinction β et γ. On peut alors construire deux triangles dont les côtés sont proportionnels à H, h_1, $H + h_1$ et H, h_1, $H - h_1$ dont les angles sont connus. On en tirera deux valeurs du rapport $\frac{h_1}{H}$ qui doivent être identiques, d'où le coefficient cherché.

En opérant de même sur les bobines B_1 et B_2, on déterminera le coefficient relatif à B_2.

Les mesures d'angle ont été faites en liant un nicol à la bobine tournante et déterminant avec un analyseur à pénombres les angles des plans de polarisation. La détermination se fait à la minute près.

Au total, je pense que l'approximation du millième dans la mesure des éléments du magnétisme terrestre peut être atteinte sans difficultés, par une mesure seule, l'opération proprement dite durant une dizaine de minutes et sans fatigue pour l'opérateur, puisqu'il n'a à mesurer que quatre intensités de courant (la méthode potentiométrique devra être employée). La précision pourra être beaucoup plus grande si l'on répète la mesure. Avec un appareil d'études et de simples milliampèremètres j'ai obtenu, à Meudon, dans l'intérieur d'un bâtiment où se trouvent des poutres de fer, les valeurs suivantes :

Inclinaison $= 63^\circ 57'$, Force totale $= 0,455$ C.G.S;

à Paris, dans le laboratoire, où le champ varie constamment, la boussole d'inclinaison m'a donné 64°47′, l'appareil 64°50′.

La méthode a l'avantage de ne pas comporter d'appareil à contacts glissants, de doubler la fréquence du courant induit par le champ terrestre et, par suite, de rendre le son très audible, et enfin de donner des résultats peu altérés par les masses de fer voisines de l'appareil, parce que celles-ci ne sont pas influencées par le magnétisme d'un barreau aimanté.

La méthode de mesure que je viens de décrire est particulièrement destinée aux explorateurs déjà munis d'appareils de T. S. F. auxquels elle pourra rendre service par sa rapidité.

GRAVITATION ET MAGNÉTISME. — *Calcul du moment magnétique d'un astre à partir de son moment d'inertie axial, de sa durée de rotation sidérale et de la constante universelle de la gravitation.* Note de M. **L. Décombe**, présentée par M. Daniel Berthelot.

1. On a depuis longtemps essayé d'attribuer le magnétisme terrestre à la rotation de notre globe. Swann a particulièrement analysé ce point de vue, mais d'une manière purement hypothétique et sans l'appuyer d'aucune vérification (¹). D'autre part, l'astronome Hale a récemment entrepris, au même point de vue, l'étude expérimentale du magnétisme solaire, mais ce travail n'a donné lieu jusqu'à présent à aucune conclusion définitive. L'existence d'un champ magnétique solaire, analogue au champ terrestre, a été vérifiée dans ses moindres détails par H. Deslandres (²). Le calcul suivant qui rattache le magnétisme de rotation à la gravitation universelle est susceptible d'un contrôle numérique remarquable.

2. Dans notre théorie de la gravitation (³) la force gravifique est identifiée avec un résidu d'action électrodynamique subsistant, aux grandes distances, entre deux atomes quelconques. Si, comme il est probable, le phénomène électrodynamique résulte lui-même d'une modification de l'action électrostatique provoquée par le mouvement des particules électrisées, la gravita-

(¹) Swann, *Le champ magnétique terrestre* (*Phil. Mag.*, t. 24, 1912, p. 80).

(²) *Comptes rendus*, t. 155, 1912, p. 1573.

(³) *Comptes rendus*, t. 156, 1913, p. 940 et 1222. La forme première de cette théorie est susceptible de généralisations évidentes.

tion serait, au total, attribuable à une véritable action électrostatique résiduelle.

Essayons de développer ce point de vue en attribuant globalement cette action résiduelle à des charges électriques *fictives* e et e' portées par les deux atomes de masses m et m'. On aura à écrire :

(1) $$\frac{ee'}{r^2} = \varphi \frac{mm'}{r^2},$$

ce qui exige, en général,

(2) $$e = m\sqrt{\varphi},$$

e étant exprimée en unités électrostatiques et φ désignant la constante universelle de Newton. Bien entendu, il faut admettre que l'action des charges fictives e et e' est attractive, ce que l'on peut faire en considérant comme positive la charge attirante et comme négative la charge attirée, ou réciproquement.

Tous les éléments de volume d'une planète peuvent alors être considérés comme possédant une charge électrique fictive. Si ces charges se comportent comme de véritables charges électrostatiques on doit admettre :

1° Que, la planète étant supposée douée de pouvoir diélectrique, les charges fictives précédentes y induisent des charges supplémentaires qui modifient la distribution ;

2° Que la charge totale E de la planète agit par induction sur l'air atmosphérique en faisant apparaître une charge $-$E à la surface du sol et renvoyant aux confins de l'atmosphère une charge $+$E ;

3° Que la rotation de toutes ces charges autour de l'axe de la planète donne lieu à un champ magnétique qu'il est aisé de calculer.

La partie du champ due aux charges rejetées aux confins de l'atmosphère varie en raison inverse de leur distance au centre de la Terre. En première approximation on supposera cette distance assez grande pour que l'action magnétique correspondante puisse être négligée. La Terre étant alors supposée homogène on trouve que le champ magnétique à sa surface est identique à celui qui serait dû à un aimant *infiniment petit* dirigé suivant la ligne des pôles et de moment magnétique donné en unités électromagnétiques par la formule

(1) $$\mathfrak{M} = \frac{1}{3} I \frac{\omega}{c} \sqrt{\varphi} \frac{1}{K},$$

où I représente le moment d'inertie de la planète par rapport à la ligne des pôles, ω sa vitesse angulaire de rotation sidérale, φ la constante universelle

de Newton, K le pouvoir inducteur spécifique de la planète et enfin c la vitesse de la lumière ([1]).

3. Si l'on applique la formule précédente à la Terre en faisant d'abord $K = 1$ on trouve $\mathfrak{M} = 20,3 \times 10^{25}$ unités C. G. S., quantité légèrement supérieure au double de la valeur expérimentale ($8,52 \times 10^{25}$). *Il suffit donc pour obtenir une concordance parfaite d'attribuer au pouvoir inducteur spécifique de la Terre une valeur moyenne égale environ à* 2,4.

En réalité la valeur expérimentale ($8,52 \times 10^{25}$) admise pour le moment magnétique de la Terre se rapporte à un aimant hypothétique, de *dimensions finies*, calculé de manière à tenir compte globalement des nombreuses irrégularités de distribution du magnétisme terrestre (attribuables dans notre théorie à la structure hétérogène du Globe) alors que la formule (1) a été établie en supposant la Terre parfaitement homogène. D'autre part le champ terrestre est soumis à diverses fluctuations qui ne relèvent pas nécessairement de la rotation de la Terre à laquelle on ne peut donc attribuer *a priori* qu'une partie, vraisemblablement la plus importante, mais non pas peut-être la seule du magnétisme terrestre.

Enfin il y aurait lieu de tenir compte de l'action de la charge $-E$ rejetée aux confins de l'atmosphère, ce qui complique un peu les formules sans toutefois changer l'ordre de grandeur du résultat.

4. Si l'on applique la formule (1) au Soleil en faisant $K = 1$, on trouve pour le moment magnétique de cet astre la valeur 31×10^{33} unités C.G.S. Or à cette valeur correspond pour l'intensité du champ magnétique au pôle une valeur d'environ 185 gauss, tandis que les expériences de Hale concluent à une valeur comprise entre 10 et 55 gauss, suivant l'altitude de la couche étudiée. La possibilité d'attribuer à K une valeur de quelques unités rend cette vérification très remarquable, surtout si l'on a égard aux causes accessoires de magnétisme qui peuvent jouer dans le Soleil un rôle très important.

5. En tout état de cause, la formule (1) établit une relation générale entre le magnétisme solaire ou planétaire et la constante de gravitation. (On remarquera que le produit $I\omega$ représente le moment de la quantité de mouvement de rotation.)

Le Tableau suivant contient la valeur du moment magnétique des

---

([1]) On pourrait envisager pour la Terre une certaine perméabilité magnétique μ, ce qui introduirait dans la formule (1) le facteur $\frac{3\mu}{\mu + 2}$. Mais la valeur moyenne de μ pour la Terre ne paraît pouvoir donner à ce facteur qu'une faible influence.

planètes dont la durée de révolution est connue, calculée par la formule (1) dans l'hypothèse $K = 1$, le moment magnétique de la Terre étant pris pour unité :

Terre	1	Mars	3.10^{-2}
Soleil	15.10^{7}	Jupiter	957.10^{2}
Lune	33.10^{-6}	Saturne	197.10^{2}

Une étude complète de la question comprenant une discussion approfondie paraîtra dans un Mémoire séparé.

OPTIQUE. — *Polarisation et intensité de la lumière diffusée par les liquides transparents.* Note [1] de M. J. Cabannes, présentée par M. Brillouin.

En 1910 Einstein [2] a cherché à établir une théorie de la diffusion de la lumière par les fluides sans faire intervenir individuellement les molécules. Voici les deux résultats fondamentaux d'Einstein :

1° La lumière diffusée à 90° du faisceau primaire est totalement polarisée;

2° Le nombre qui mesure l'intensité lumineuse diffusée latéralement par 1^{cm^3} du fluide a pour expression, lorsque l'éclairement d'un plan normal au faisceau primaire est égal à l'unité,

$$I = \frac{\pi^2}{9\lambda^4}(\mu^2 - 1)^2(\mu^2 + 2)^2\overline{\varphi^2};$$

λ représente la longueur d'onde dans le vide, évaluée en centimètres; μ, l'indice de réfraction du fluide; $\overline{\varphi^2}$, le carré moyen de la fluctuation de densité dans l'unité de volume. On suppose la vibration lumineuse excitatrice normale au plan des deux rayons incident et diffusé.

L'expérience n'a pas confirmé ces conclusions [3] :

1° La polarisation n'est que partielle;

2° La mesure au laboratoire de l'intensité diffusée donne un résultat

---

(1) Séance du 6 novembre 1922.

(2) Einstein, *Ann. der Phys.*, t. 33, 1910, p. 1275.

(3) R.-J. Strutt, *Proc. Roy. Soc.*, t. 95, 1918, p. 155; J. Cabannes, *Journ. de Phys.*, t. 1, 1920, p. 129, et *Ann. de Phys.*, t. 15, 1921, p. 5; Martin, *Journ. Phys. Chem.*, t. 24, 1920, p. 478, et t. 26, 1922, p. 75 et 471.



supérieur à la valeur théorique I, avec un écart d'autant plus grand que le faisceau secondaire est moins complètement polarisé.

On explique cet écart, dans le cas des gaz, en faisant intervenir l'anisotropie des molécules. Avec les liquides cette interprétation ne suffit plus : la polarisation diminue beaucoup lorsqu'on passe de la vapeur au liquide sans que la molécule se modifie sensiblement. Il y a donc lieu de revoir la question du point de vue théorique.

Par suite de l'agitation thermique, l'amplitude et la direction de la force électrique, en un point O pris au sein de la masse éclairée, varient constamment avec la position des molécules polarisées voisines de ce point. Les électrons d'une molécule O ne se déplacent donc pas parallèlement à la vibration lumineuse incidente. Soient (ξ, η, ζ) les composantes du déplacement : l'une, parallèle au faisceau primaire; l'autre, au faisceau diffusé; la troisième, normale au plan des deux faisceaux. Les valeurs moyennes de ξ et η sont nulles, mais il n'en va pas de même des carrés moyens $\overline{\xi^2}$ et $\overline{\eta^2}$, et l'on a, en particulier, $\frac{\overline{\xi^2}}{\overline{\zeta^2}} \neq 0$.

Ainsi, *lorsque le fluide est assez dense pour qu'interviennent les actions mutuelles des molécules, la lumière diffusée latéralement n'est jamais totalement polarisée*, *même dans le cas de molécules isotropes*.

Considérons dans le faisceau diffusé le rapport $\frac{\overline{\xi^2}}{\overline{\zeta^2}}$ entre les intensités relatives aux vibrations produites respectivement par les déplacements ξ et ζ. Soient L et V les valeurs de ce rapport pour le liquide et sa vapeur : V ne dépend que de l'anisotropie des molécules, mais L dépend, en outre, du nombre des électrons mobiles et de l'amplitude de leur déplacement.

Pour obtenir des résultats quantitatifs on peut admettre que la molécule a la symétrie d'un ellipsoïde à trois axes inégaux ; le calcul donne alors L en fonction de V et de la réfraction moléculaire R :

$$\frac{(L - V)(3 - 4V)}{(7L + 3)(1 + 2V)} = \frac{9R^2}{20\pi} \frac{\delta}{M} \frac{1}{N d^3}$$

(δ = densité du fluide; M = masse moléculaire; N = nombre d'Avogadro).

La seule grandeur d qui ne soit pas directement accessible à l'expérience désigne le plus petit diamètre de la molécule; la formule précédente permet de l'évaluer. On obtient, pour la molécule d'éther, $d = 2,9.10^{-8}$ cm ; pour les molécules de benzène et de sulfure de carbone, $d = 2,2.10^{-8}$ cm [1]. La théorie se vérifie bien.

---

[1] La formule montre, en outre (et j'ai pu le vérifier dans le cas des liquides très dispersifs C^6H^6 et CS^2), que la polarisation croît avec la longueur d'onde.

On peut aussi calculer en fonction de L et de V l'intensité I de la lumière diffusée, et l'on aboutit à l'expression

$$I = \underbrace{\frac{\pi^2}{9\lambda^4}(\mu^2-1)^2(\mu^2+2)^2\overline{\varphi^2}}_{E.} \; \underbrace{\frac{3[1-7\lambda(1+V)](1+L)}{(3-4V)(1-10\lambda)\left[1-\lambda\dfrac{1-V}{1+2V}\right]}}_{A.},$$

dans laquelle

$$\lambda = \frac{L-V}{3+7L}.$$

Le facteur A, qui n'apparaît pas dans la théorie d'Einstein, varie de 1,26 (pour $L=0,1$; $V=0$) à 6,21 (pour $L=0,7$; $V=0$).

Le Tableau suivant montre le bon accord entre l'expérience et la théorie qui vient d'être ébauchée :

		Intensité diffusée		
		calculée d'après		mesurée par Martin et Lehrman.
	L.	Einstein.	la formule corrigée.	
$C^2H^5-O-C^2H^5$....	0,05	7,56	9,37	9,2
CH^3-OH...........	0,037	3,39	3,93	4,96
C^2H^5-OH..........	0,040	4,78	5,64	5,20
C^6H^6................	0,32	10,65	32,2	26,0
C^6H^5-OH..........	0,32	9,35	28,3	29,6

Pour permettre la comparaison avec les résultats expérimentaux, j'ai supposé dans ce Tableau le liquide éclairé en lumière naturelle. L'intensité diffusée a pour valeur

$$I_n = \frac{I}{2}\,\frac{1+3L}{1+L}.$$

L'inexactitude de la théorie primitive vient de ce qu'Einstein assimile les fluides à des milieux continus dont les propriétés (densité et constante diélectrique) varieraient lentement d'un point à un autre. La dépolarisation de la lumière diffusée par les liquides est donc une preuve nouvelle de la discontinuité de la matière.

ÉLECTRO-OPTIQUE. — *Recherches sur la série des rayons X.* Note de M. **Elis Hjalmar**, présentée par M. Brillouin.

La série M a déjà été étudiée par Stenström et Karcher[1]. Selon ces mesures, il semble que cette série se compose principalement de trois raies, que Stenström nomme α, β et γ. Mais d'après ce que l'on sait maintenant sur l'arrangement des atomes, au moins sur celui des substances les plus lourdes, on s'attendrait à bien plus de raies. Suivant le principe de combinaison[2], treize transports différents d'électrons des niveaux N aux niveaux M sont possibles, et, par conséquent, autant de raies. De plus, il faut ajouter les raies qui correspondent aux transports depuis les niveaux O et P. J'ai analysé les spectres de la série M pour découvrir, si faire se peut, ces raies d'intensité faible.

La recherche a été faite à l'Institut de Physique de Lund avec le spectrographe le plus récent[3]. Le résultat préliminaire ressort du Tableau I, tableau sommaire des longueurs d'onde des raies. La désignation des raies indique en même temps leur origine. Quant aux raies de Stenström, j'en ai conservé les désignations déjà mentionnées.

Tableau I. — $\lambda . 10^{-8}$ cm.

Élément.	M_5P_1.	M_5O_3.	M_4O_2.	—	—	M_5N_5.	—	M_4N_4.	M_5N_6.	M_3O_1.	M_3O_5.	M_4
74W.........												
76Os.........						4,779		4,949				5,8
77Ir.........						4,548	4,619	4,768				
78Pt.........						4,407	4,462					
79Au.........						4,230	4,286					
81Tl.........						3,932	3,984	4,095				
82Pb.........						3,789		3,945				4,6
83Bi.........				3,547	3,587	3,672		3,816	3,884			
90Th.........		2,441		2,819	2,855	2,917		2,999	3,127	3,109	3,276	3,5
92U.........	2,248	2,299	2,439	2,673	2,709	2,750		2,815	2,909	2,927	3,107	3,3

(1) Stenström, *Ann. der Phys.*, t. 57, 1918, p. 377. *Diss. Lund.*, 1919. — Karcher, *Phys. Rev.*, t. 5, 1920, p. 285.

(2) Coster, *Zeitschr. f. Phys.*, t. 6, 1921, p. 185. — Smekal, *Zeitschr. f. Phys.*, t. 5, 1921, p. 91. — Wentzel, *Zeitschr. f. Phys.*, t. 6, 1921, p. 84. — Dauvillier, *Comptes rendus*, t. 172, 1921, p. 1350; t. 173, 1921, p. 35 et 647. — Sommerfeld et Wentzel, *Zeitschr. f. Phys.*, t. 7, 1921, p. 86.

(3) Siegbahn, *Zeitschr. f. Phys.*, t. 9, 1922, p. 68.

Tableau I (suite). — $\lambda.10^{-8}$ cm.

Élément.	γ'.	γ''.	γ.	M_1P_1.	M_2O_4.	β'.	β''.	β'''.	β.	α'.	α.	α_2.	M_3N_7.	M_1N_5.
74 W........	6,066		6,085			6,726			6,745	6,951	6,973			
76 Os........	5,652		5,672			6,233			6,256	6,459	6,481		6,882	
77 Ir........			5,484			6,011			6,030	6,223	6,250		6,663	8,012
78 Pt........			5,303			5,797			5,820	6,026	6,041			
79 Au........			5,131						5,619	5,812	5,831		6,264	
81 Tl........	4,798		4,806		5,185	5,210			5,238	5,427	5,443		5,897	
82 Pb........			4,666	4,994	5,010	5,054			5,069	5,245	5,270		5,687	6,727
83 Bi........			4,513		4,815	4,874			4,894	5,078	5,107	5,117	5,525	6,498
90 Th........	3,645		3,657	3,753	3,792	3,921	3,925		3,931	4,097	4,129	4,138	4,569	5,245
92 U........	3,459	3,466	3,472	3,514	3,570	3,684	3,696	3,700	3,709		3,901	3,912	4,326	4,929

Il ressort de ce Tableau qu'il n'y a que trois de toutes les raies théoriques qui se détachent, à savoir M_2N_5, M_2N_6 et M_3N_4. Néanmoins il est évident que le principe de combinaison est valable aussi à l'égard de la série M. D'après des recherches sur de l'uranium, qui a été examiné en détail sous ce rapport, il n'existe pas de raies « prohibées ». Pour ce qui concerne les raies M-O, cependant, il paraît nécessaire d'apporter cette restriction : il faut *changer* le nombre de quanta d'une unité. A M-N s'applique donc la règle plus étendue (n = le nombre de quanta)

$$n \rightleftharpoons \begin{cases} n \\ n+1 \end{cases} \qquad a \rightleftharpoons b;$$

à M-O, au contraire,

$$n \rightleftharpoons n+1, \qquad a \rightleftharpoons b.$$

Cette recherche a une grande portée théorique. D'abord on peut reconnaître la composition du niveau O. J'ai trouvé qu'il consiste en cinq anneaux (voir Tableau II). De plus, on peut calculer les quantités d'énergie des niveaux respectifs N et O. Les raies se rencontrent, comme on le voit, en grand nombre dans l'urauium et dans le thorium, mais diminuent en nombre dans les substances légères. Le Tableau II, qui contient la valeur de $\frac{V}{R}$ pour les anneaux N et O, dont les raies M observées tirent leur origine, est donc incomplet.

Tableau II. — $\frac{V}{R}$.

Niveau.	92 U.	90 Th.	83 Bi.	82 Pb.	81 Tl.	79 Au.	78 Pt.	74 N.
O_1	6,0	4,9						
O_2	7,4							
O_3	11,9	8,2						
O_4	18,2	16,2	9,4	7,7	8,1			
O_5	23,9	19,8						
N_1	27,4	24,1	11,8	9,1	8,3	5,8	4,9	1,8
N_2	28,0	24,7	12,4	9,8	9,7	6,2	4,9	1,9
N_3	54,7	48,8	32,1	29,6	28,2	24,8	16,5	16,9
N_4	57,3	50,9	34,8	30,2	29,9			
N_5	76,5	71,2	50,2	46,4	40,5	36,6	35,8	
N_6	95,1	88,0	60,1					
N_7	156,6	98,6	69,1	64,7	62,8	56,9		

Dans le Tableau I il y a quelques raies qui ne se laissent pas ranger dans le schème de niveaux. Les satellites qui accompagnent α, β et γ sont particulièrement intéressants. Ils sont indiqués par α', β', ... Je suis porté à considérer ces raies comme des lignes d'étincelle (¹). D'abord, j'employais du sucre et du gypse comme réseau; je trouvai que les raies α, β et γ étaient accompagnées d'une bande d'émission, dans laquelle se trouvait une telle ligne d'étincelle. Alors je présumai que cette bande d'émission consistait en plusieurs raies, situées les unes près des autres. Une expérience subséquente, où j'employais comme réseau la calcite, qui a une dispersion plus grande, prouva la vérité de cette supposition. J'examinai les raies γ de l'uranium et du thorium et la raie β de la dernière substance, et alors je trouvai deux ou trois composantes, situées les unes tout près des autres. L'existence de cette multiplicité de composantes a été confirmée par des recherches sur des substances encore plus légères, par exemple 71 Gp.

PHYSIQUE APPLIQUÉE. — *Sur un four à résistance de molybdène dans le vide.* Note de M. P. Fleury, présentée par M. Villard.

Pour réaliser, dans une enceinte d'assez grand volume (cylindre de plusieurs centimètres de diamètre et plusieurs décimètres de haut), une température dépassant 1700° C., on peut utiliser un four constitué par une spirale

(¹) Wentzel, *Ann. d. Phys.*, t. 66, 1921, p. 437.

de tungstène ou de molybdène enroulée sur un support isolant très réfractaire, et parcourue dans le vide par un courant électrique convenable [1].

Après de nombreux essais, on a pu obtenir des températures très élevées (atteignant le point de fusion de l'alundum), en même temps qu'une vie assez longue du four, en réalisant les conditions suivantes :

1° La spirale est constituée par du fil de gros diamètre (jusqu'à $1^{mm},2$), — en molybdène —. Ce métal est plus fusible et plus volatil que le tungstène, mais il a l'avantage d'être moins fragile (il se laisse enrouler beaucoup plus aisément, et ne subit pas au premier chauffage, comme le tungstène dont nous disposions, un fort retrait pouvant provoquer la rupture du fil); il est aussi moins coûteux.

2° Les spires sont très resserrées, de façon à éviter une trop grande surchauffe du fil : la spirale est par exemple enroulée sur un tube en alundum, rainé au pas de $2^{mm},8$. Elle est enrobée dans du ciment d'alundum, ce qui ralentit l'usure du métal. Le tube chauffant est entouré d'un second tube, pour diminuer la puissance rayonnée; les deux tubes sont munis de fonds et de couvercles, et placés sur des supports disposés de façon à réduire les pertes de chaleur. Ces diverses pièces sont en alundum.

3° Le vide doit être fait très soigneusement. Le four et ses supports sont placés dans une grande cloche en acier (24^{cm} de diamètre intérieur, 35^{cm} de haut) reposant sur une plaque d'acier traversée par des prises de courant isolées et par un tube de communication avec la pompe (pompe rotative à mercure ou pompe double à huile à grand débit, donnant un vide de quelques millièmes de millimètre de mercure. Une ampoule à anhydride phosphorique assure le dessèchement). Au haut de la cloche est un regard en verre. Tous les joints sont assurés par du caoutchouc (feuille anglaise) un peu comprimé : dans la cloche vide fermée, l'augmentation de pression due aux rentrées d'air peut être rendue très inférieure à 1^{μ} par heure. La cloche est refroidie extérieurement par une circulation d'eau.

Lorsqu'on chauffe dans le vide l'alundum à une température à laquelle il n'a pas encore été porté, il dégage des gaz susceptibles d'altérer le molybdène; pour que cette altération soit faible, il faut élever la température très progressivement (la pompe étant en fonctionnement permanent), de façon que la pression ne dépasse jamais 50^{μ}, par exemple. Dans ces conditions, il faut en général plusieurs jours de chauffage pour atteindre pour la première fois 1500° (les chauffages ultérieurs peuvent être beaucoup plus rapides).

Le tube chauffant étant disposé verticalement, et les couvercles percés de trous convenables, on peut mesurer la température en visant, à l'aide d'un pyromètre optique de Wanner (par exemple), un diaphragme placé au centre du four.

---

(1) Des fours à spirale de tungstène ou molybdène ont été décrits antérieurement par Winne et Dansitzen, ainsi que par Newbury et Pring. Nous savons d'autre part que M. Jolibois a réalisé tout récemment de petits fours à spirale de tungstène dans le vide.

Des fours construits et employés avec les précautions que nous venons d'indiquer, et ayant, par exemple, 4^{cm} de diamètre intérieur et 14^{cm} de haut, ont pu être maintenus plusieurs heures vers 1650°, en consommant 2100 watts environ (28 ampères, 75 volts), puis une demi-heure vers 1700° (avec 2300 watts).

La puissance ayant ensuite été augmentée (2600 watts), le pyromètre indiqua 1750°, mais le tube rainé en alundum s'effondra (par fusion), ainsi d'ailleurs que des pots en alundum placés à l'intérieur. (Un petit fil de platine mis dans un de ces pots n'a pas fondu franchement.)

Ces fours sont donc utilisables jusqu'au point de fusion de l'alundum. La spirale de molybdène n'ayant pas été détruite par ce chauffage, on pourra sans doute atteindre des températures supérieures en utilisant des supports plus réfractaires (en magnésie « fondue » ou en zircone fondue).

SPECTROSCOPIE. — *Les spectres d'absorption ultraviolets de la pyridine et de l'isoquinoléine*. Note (¹) de MM. **H. Fischer** et **P. Steiner**, présentée par M. G. Urbain.

On n'a décrit jusqu'à présent, pour la pyridine, qu'une seule bande d'absorption large dans l'ultraviolet, avec maximum pour $\lambda = 2530$ Å environ [Hartley (1885), Backer et Baly (1907), Hantzsch (1911), Baly et Tryhorn (1915), Hermann (1919)].

Pour l'isoquinoléine, Ley et Engelhardt (1910) trouvent deux bandes pour $\lambda = 3195$ et 2645 Å environ $\left(\frac{1}{\lambda} = 31300 \text{ et } 37800 \text{ cm}^{-1}\right)$.

Nous avons établi, d'après la méthode de V. Henri, les courbes d'absorption quantitatives de ces deux substances en solution dans l'hexane, l'éther et l'alcool; de plus, pour la pyridine, dans le CCl^4 et dans l'eau. Nous avons trouvé pour la pyridine six bandes, et pour l'isoquinoléine dix bandes d'absorption dont les positions, les fréquences et les coefficients d'absorption moléculaire ε (définis par $I = I_0 . 10^{-\varepsilon c \delta}$) sont :

(¹) Séance du 6 novembre 1922.

Pyridine.

λ.	$\frac{1}{\lambda}$ cm^{-1}.	ε.
2885 Å.	34662	160
2841...	35199	270
2794...	35791	350
2764...	36197	540
2723...	36720	640
2527...	39572	1630
(minimum) 2137...	46794	120

Isoquinoléine.

λ.	$\frac{1}{\lambda}$ cm^{-1}.	ε.
3167 Å.	31575	3200
3126...	31989	2800
3094...	32320	2500
3065...	32626	2100
3037...	32927	3200
2980...	33557	2400
2911...	34352	2400
2845...	35149	2400
2640...	37878	4000
(minimum) 2412...	41459	2400
2157...	46360	54000

La figure ci-après représente les courbes d'absorption de la pyridine et de l'isoquinoléine en solution dans l'hexane, et par comparaison celles du benzène et du naphtalène dans le même solvant décrites récemment par V. Henri et l'un de nous [1]. En abscisses sont portées les fréquences et en ordonnées les logarithmes des coefficients d'absorption ε.

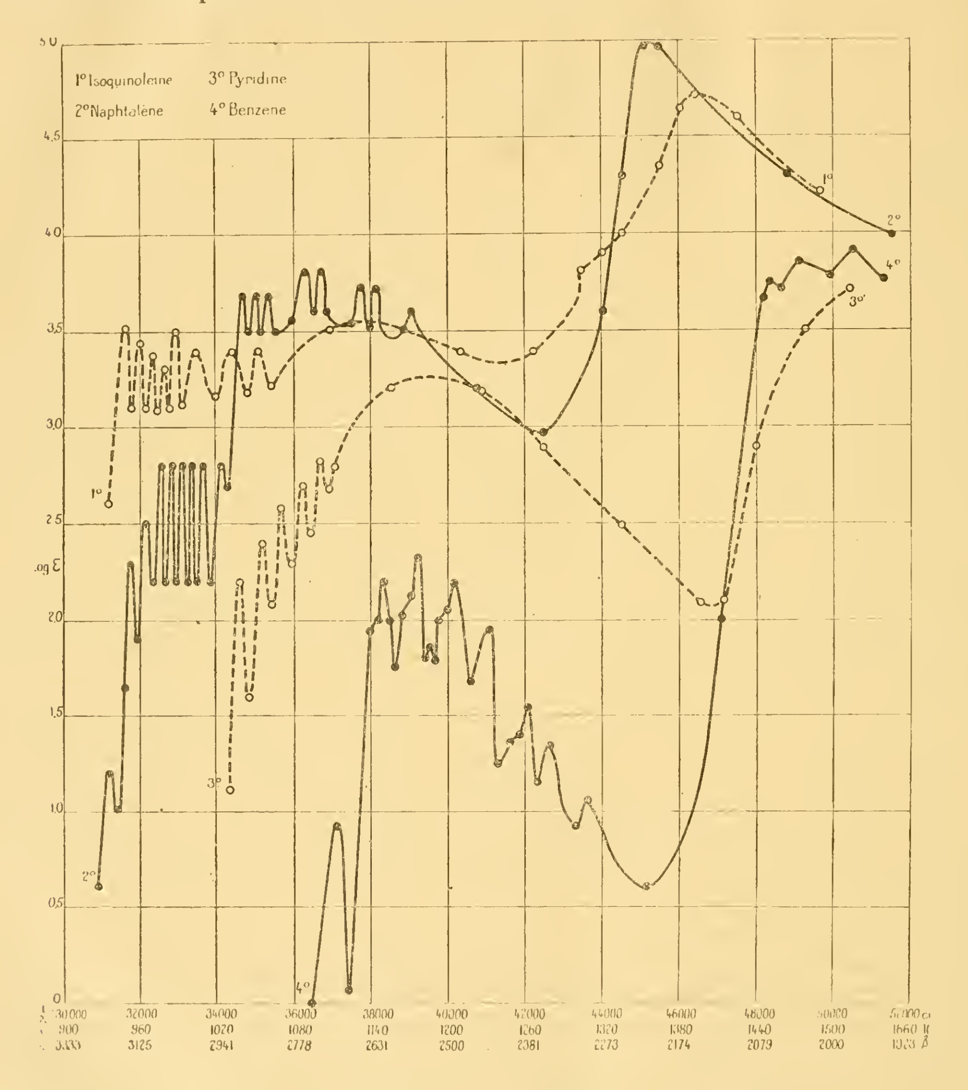
Résultats. — 1. Pour la pyridine, les bandes correspondant à celles du benzène sont fusionnées en une large bande d'intensité environ 10 fois plus grande, et il apparaît une série de cinq nouvelles bandes étroites du côté des grandes longueurs d'onde.

La courbe de l'isoquinoléine ressemble à celle du naphtalène déplacée d'environ 100 Å vers les petites longueurs d'onde et dans la série des bandes situées entre $\lambda = 2881$ et $\lambda = 2536$ Å serait aussi fusionnée en une seule bande large. Les deux corps ont une série de bandes fines du côté du rouge qui, dans le cas de l'isoquinoléine, sont d'une intensité environ 5 fois plus grande.

2. Les courbes de la pyridine et de l'isoquinoléine présentent entre elles certaines ressemblances générales : une série de bandes étroites du côté du rouge suivies d'une large bande dans l'ultraviolet moyen et une bande très intense dans l'ultraviolet extrême dont nous n'avons pu déterminer le maximum que pour l'isoquinoléine. La courbe de l'isoquinoléine est déplacée vers le rouge d'environ 80-100 Å par rapport à la pyridine.

(1) *Comptes rendus*, t. 175, 1922, p. 421.

3. Les cinq premières bandes de la pyridine, nettes dans la solution hexanique, sont très peu distinctes dans l'éther et le CCl^4, et disparaissent complètement dans l'alcool et l'eau. Dans ces deux derniers solvants, la courbe est nettement déplacée vers l'ultraviolet extrême.



La solution éthérée d'isoquinoléine donne un spectre presque identique à celui de la solution hexanique; la solution alcoolique permet de retrouver toutes les bandes, mais plus floues et nettement déplacées vers le rouge.

CHIMIE ANALYTIQUE. — *Sur le dosage de l'oxygène dans les aciers.* Note de MM. **Georges Chaudron** et **Louis Blanc**, présentée par M. Henry Le Chatelier.

La méthode de Ledebur (1) pour doser l'oxygène dans les aciers consiste à chauffer le métal dans un courant d'hydrogène et à peser la quantité d'eau produite, qui est recueillie par passage du gaz dans un tube en U contenant de l'anhydride phosphorique. Il est nécessaire, pour la réduction totale de l'oxyde de fer, d'opérer à une température dépassant 1200°.

Oberhoffer (2) a proposé d'opérer dans un tube en quartz, mais le dispositif a une durée trop limitée. Oberhoffer et V. Keil (3) indiquent d'ajouter au métal un alliage cuivre-étain-antimoine, permettant une réduction totale à 1150°, non seulement de l'oxyde de fer, mais encore de l'oxyde de manganèse et de la silice; on sait en effet que, dans la métallurgie de l'acier, on réduit en fin d'opération par des additions de manganèse et de silicium le métal oxydé au cours de l'affinage (4); il y a donc dans le métal désoxyd une certaine quantité de protoxyde de fer, d'oxyde de manganèse et de silice.

Nous nous sommes proposé d'étudier ce dosage en opérant avec addition ou sans addition d'un alliage.

Nous avons opéré de la manière suivante :

De l'hydrogène électrolytique passe dans un tube en porcelaine chauffé à 800° sur une longueur de 20^{cm} et rempli de mousse de platine, le gaz traverse une série de tubes contenant les uns de l'anhydride phosphorique, les autres du sodium en fil. Le volume des tubes est tel que le gaz reste plus d'une heure au contact des substances desséchantes; le gaz sec arrive dans un tube en porcelaine où se trouve la nacelle contenant 10^{g} de limaille de l'acier à essayer. Le tube est fermé par des capuchons rodés en verre. L'hydrogène passe ensuite dans un tube taré contenant de l'anhydride phosphorique.

L'opération durait 5 heures, la température du four électrique arrivait en 3 heures à 1000° et restait 1 heure à une température comprise entre 1175° et 1200°.

Sur la pesée de l'eau on peut faire une erreur de 0^{mg},5, ce qui fait une erreur relative importante, les quantités à peser étant de l'ordre de 5^{mg}.

(1) *St. u. Eisen*, février 1918, p. 105.

(2) *St. u. Eisen*, 5 mai 1921, p. 605-611.

(3) *St. u. Eisen*, octobre 1921, p. 1449.

(4) H. Le Chatelier, *La réduction de l'oxyde de fer* (*Revue de Métallurgie*, 1912, p. 512).

Si l'on opère à blanc, on constate, quelles que soient les précautions prises, une augmentation du poids du tube en U qui peut être de 1^{mg} à l'heure en chauffant un tube en porcelaine neuf et une nacelle neuve à 1100°; ensuite, dans les opérations ultérieures, on a toujours une augmentation de $0^{mg},1$ à $0^{mg},2$ à l'heure, ce qui entraîne une correction qui peut être erronée de $0^{mg},5$ pour une opération durant 5 heures; il est à remarquer qu'il est nécessaire d'effectuer fréquemment cette vérification pour s'assurer de la pureté de l'hydrogène.

Une partie de l'oxygène est susceptible d'échapper au dosage sous forme d'oxyde de carbone, nous avons fait la vérification pour plusieurs aciers, en particulier un acier contenant 0,3 pour 100 de carbone et 0,4 pour 100 de FeO, en faisant passer l'hydrogène sec et débarrassé de H^2S sur l'anhydride iodique chauffé à 130°, nous n'avons pas constaté des quantités appréciables d'iode mis en liberté.

La température finale de réduction a une grande importance; en effet, si l'on réduit à 900°, même pendant 24 heures, on retire, en portant ensuite la température à 1100°, de 0,02 à 0,03 pour 100 d'oxygène et, entre 1100° et 1200°, encore 0,01 pour 100.

Dans le Tableau suivant, nous résumons nos mesures :

N^{os}.	Nature des traitements.	C.	Mn.	Si.	FeO.	Observations.
	Aciers d'une même opération Thomas.					
1.	Sursoufflé	0,06	0,24	0,02	0,48	avec H^2 seul
					0,56	avec H^2 seul
2.	Décarburé	0,11	0,38	0,02	0,31	avec H^2 seul
					0,28	avec alliage (Cu Sb), 10^g
3.	Désoxydé	0,14	0,27	0,03	0,28	avec H^2 seul
					0,24	avec H^2 seul
	Aciers d'une opération Thomas.					
4.	Sursoufflé	0,07	0	0,01	0,8	avec H^2 seul
5.	Désoxydé	0,14	0,71	0,17	0,24	avec alliage (Cu Sn Sb)
					0,22	avec H^2 seul
					0,18	avec H^2 seul
6.	Métal final	0,23	0,58	0,24	0,22	avec alliage (Sb Cu)
					0,20	avec H^2 seul
	Aciers au four électrique.					
7.	Acier suroxydé	0,05	»	»	0,64	avec H^2 seul
8.	Période de décrassage	0,17	0,5	0,03	0,44	avec H^2 seul
9.	Période réductrice	0,24	0,69	0,21	0,20	avec alliage (Cu Sn)
10.	Éprouvette finale	0,23	0,6	0,28	0,18	avec alliage (Sb Cu)
					0,21	avec H^2 seul

Dans ces expériences nous pouvons voir que les réductions avec alliage donnent les mêmes résultats que par l'emploi de l'hydrogène seul.

D'autre part il résulte de nos expériences de réduction de mélanges fondus de fer et d'oxyde de manganèse, et de fer et de silice, que la méthode de l'alliage ne permet pas de réduire l'oxyde de manganèse dans des proportions supérieures à 2 MnO pour 1000 d'alliage ([1]). Pour le mélange fondu de silice et de fer la réduction ne peut être indiquée avec certitude, les quantités d'eau pesée étant de l'ordre des corrections à effectuer.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Neutralisation de l'acide tartrique en présence de chlorures métalliques. Zone neutre et tampon.* Note de M. **L.-J. Simon.**

La notion de *tampon* qui s'est rapidement imposée en biologie a été introduite en 1900 par Fernbach et Hubert ([2]) à propos du rôle joué par les phosphates dans les actions diastasiques. Entre le phosphate monosodique neutre à l'hélianthine et le phosphate disodique neutre à la phtaléine s'étend une *zone neutre aux deux réactifs.* Un mélange des deux sels est donc neutre aux deux réactifs et conserve cette neutralité si l'on y introduit de petites quantités d'acide ou d'alcali. Il joue donc un rôle protecteur vis-à-vis des diastases contre les changements brusques d'acidité ou d'alcalinité que Fernbach et Hubert ont voulu souligner par l'expression de *tampon.*

Le mélange des deux tartrates est également un tampon. Il a été signalé ([3]) précédemment que par addition de chlorure de calcium à du tartrate monopotassique, la neutralité à l'hélianthine fait place à l'acidité : *le seuil d'acidité est rapproché* par cette addition. Au point de vue de la filtrabilité des diastases et de leur action en général, c'est là un fait très important. En outre, comme l'addition de chlorure de calcium ne modifie pas la neutralité du tartrate dipotassique à la phtaléine, *la zone neutre se trouve rétrécie, voire même supprimée.* L'effet du tampon s'amoindrit et peut même s'évanouir. A ces deux points de vue il m'a paru utile de soumettre d'autres chlorures au même examen.

([1]) Alliage, 10 pour 100 Cu, 90 pour 100 Sb.

([2]) *Comptes rendus*, t. 131, 1900, p. 293.

([3]) *Comptes rendus*, t. 175, 1922, p. 620.

Les chlorures alcalins sont évidemment sans action sensible; il en est de même des chlorures de lithium et de magnésium. Les chlorures de cuivre, de zinc et le chlorure ferrique m'ont conduit à des résultats intéressants représentés par les diagrammes 1, 2 et 3.

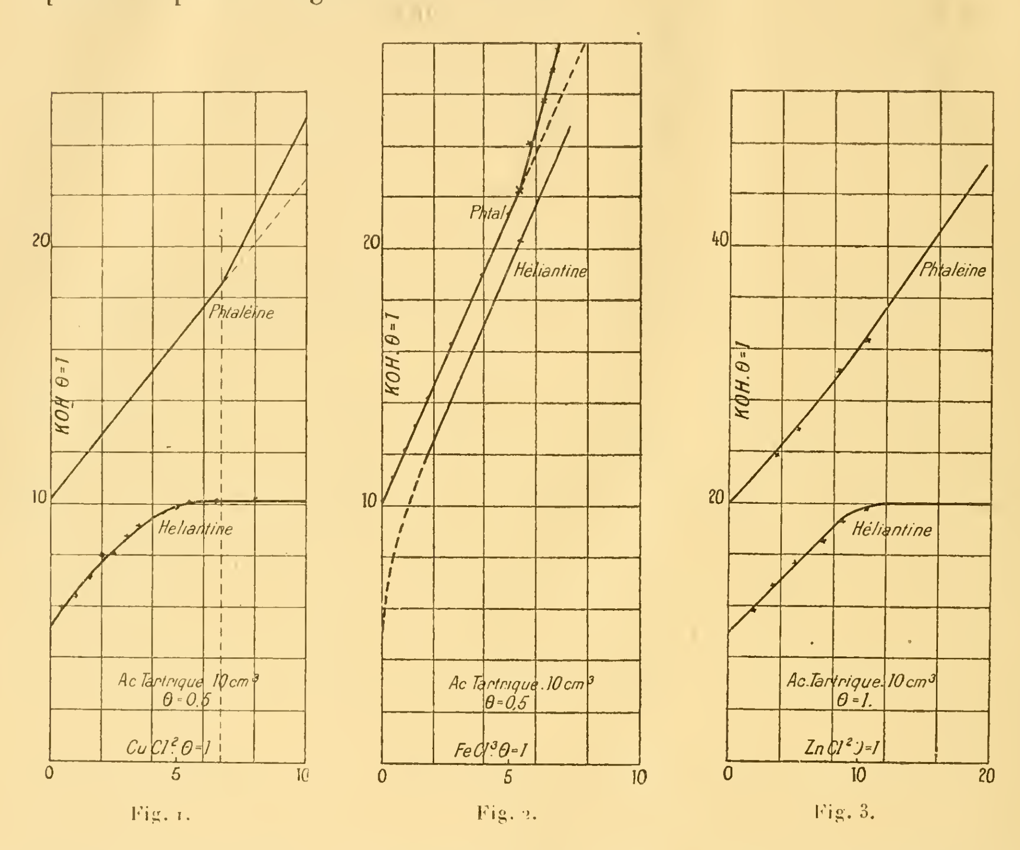


Fig. 1. Fig. 2. Fig. 3.

En ce qui concerne le rapprochement du seuil d'acidité, ces chlorures exercent qualitativement la même action que le chlorure de calcium, et pour les deux premiers l'effet est identique quantitativement. Pour ce qui concerne la zone neutre et l'effet de tampon, chaque métal paraît jouer un rôle spécifique.

1° Avec le cuivre, l'acidité à l'hélianthine croît par l'addition de chlorure jusqu'à atteindre la valeur qui correspond à la formule

$$C^4H^6O^6 + 2\,KOH + \frac{1}{3}CuCl^2 = C^4H^4O^6Cu\,.\,\frac{1}{3}CuCl^2 + 2\,KCl + 2\,H^2O.$$

En présence de phtaléine, il faut employer, à la neutralisation, une nou-

velle quantité d'alcali :

$$C^4H^4O^6Cu.\frac{1}{3}CuCl^2+\frac{5}{3}KOH = C^4H^4O^6\begin{cases}Cu(OH)\\K\end{cases}.\frac{1}{3}Cu(OH)^2+\frac{2}{3}KCl.$$

La zone neutre s'élargit donc ici au lieu de se rétracter. *L'effet tampon croît.*

Ces expériences mettent en évidence un complexe cupropotassique qu'on peut écrire

$$[C^4H^4O^6KCu(OH)]^3Cu(OH)^2$$

ou encore

$$C^{12}H^7O^{18}Cu^4K^3.5H^2O.$$

Sous cette forme, on retrouve le complexe cuprotartrique admis comme constituant efficace de la liqueur de Fehling par Masson et Steele (1899).

2° Pour le zinc (*fig.* III), les formules correspondantes sont :

$$C^4H^6O^6+ZnCl^2+2KOH = C^4H^4O^6Zn+2KCl+H^2O,$$
$$C^4H^4O^6Zn + KOH = C^4H^4O^6KZn(OH).$$

En présence d'hélianthine, tout se passe comme avec le calcium; le seuil d'acidité est rapproché de la même manière. En présence de phtaléine surgit, comme pour le cuivre, un complexe, mais plus simple; la zone neutre a la même étendue que sans chlorure : *l'effet tampon ne varie pas.*

Avec le fer, nouvelle apparence en étroite relation d'ailleurs avec l'action exercée sur les sels ferriques ou l'absence d'acide tartrique [1] : les faits sont assez bien représentés par les deux formules :

$$3C^4H^6O^6+3FeCl^3+11KOH=(C^4H^4O^6K)^3Fe.Fe^2(OH)^5Cl+8KCl+6H^2O,$$
$$(C^4H^4O^6K)^3Fe.Fe^2(OH)^5Cl+KOH=(C^4H^4O^6K)^3Fe.2Fe(OH)^3+KCl.$$

$(C^4H^4O^6K)^3Fe$ cristallisé avec $\frac{1}{2}H^2O$ n'est autre que le ferritartrate de Baudran (1900). Le complexe total peut s'écrire $[C^4H^4O^6KFe(OH)]^3$ et correspond au ferritartrate officinal que nous avons analysé. Il faut bien avouer que les faits expérimentaux cadreraient mieux avec 12 et 13 molécules de potasse qu'avec 11 et 12 molécules, ainsi que le suppose l'interprétation proposée. Tous ces titrages sont d'ailleurs, à des degrés divers, délicats et affectés parfois de quelque incertitude. Bien que j'aie confiance dans leur résultat, il serait désirable de le contrôler électrométriquement ou polarimétriquement.

---

[1] Je me suis assuré qu'en présence d'hélianthine un sixième du chlore persiste; en présence de phtaléine, tout le chlore est chassé. De même pour l'acide sulfurique dans l'alun ferrique.

Pour le fer, le fait essentiel, c'est que la zone neutre est très rétrécie sans jamais s'annuler comme pour le calcium : *l'effet de tampon s'en trouve donc amoindri.*

Si l'on tient compte du rôle important joué dans l'organisme animal ou végétal par les métaux examinés, rôle qui me les a fait choisir, il sera justifié d'appeler l'attention des biologistes sur la variété d'action de leurs sels sur la zone neutre des tartrates et, par suite, sur l'effet de tampon du mélange constitué par les deux tartrates alcalins.

RADIOACTIVITÉ. — *Sur la radioactivité des sources de la région de Bagnoles-de-l'Orne et son rapport avec la structure géologique.* Note de M. **P. Loisel**, présentée par M. Daniel Berthelot.

J'ai étudié l'an dernier deux groupes de sources de la région de Bagnoles au point de vue de leur teneur en émanation du radium. Le premier groupe comprenait les sources entourant la grande source thermale; le second, groupe de Lignou, se composait de trois sources situées à 2^{km} au sud-est du premier.

Cherchant à me rendre compte s'il existe une relation entre la nature géologique du terrain et la radioactivité des sources qui y prennent naissance, j'ai poursuivi mes recherches dans un large secteur, s'étendant environ sur 100^{km^2} tout autour de Bagnoles.

L'émanation du radium a été dosée suivant la technique indiquée dans mes Notes antérieures et a été seule recherchée. Les circonstances ne m'ont pas permis, le plus souvent, d'effectuer plus d'un dosage pour chaque source. Toutefois, l'étude continue de la radioactivité de la grande Source (pour laquelle j'ai trouvé une fois sur neuf dosages, le 28 juin 1922, la courbe complexe signalée antérieurement) m'a montré, qu'à part les brusques accroissements de la teneur en émanation du radium due à la pluie, la radioactivité n'avait subi aucune oscillation notable et que, de plus, elle avait légèrement diminué par rapport à l'an dernier, 0,735 au lieu de 0,980 millimicrocuries par litre.

Les mesures sont consignées dans le Tableau suivant. Les sources déjà étudiées l'an dernier ont été à nouveau analysées. A ce Tableau, j'ai ajouté deux sources, Chaudefontaine et Saint-Ursin, étudiées les années précédentes, et dont le dosage n'a pu être refait. Les sources analysées plus d'une fois sont marquées d'un astérisque.

Nom de la source.	Commune.	Date du prélèvement.	Teneur en émanation en millimicrocuries.	Nature géologique du terrain.
Grande-Source*	Bagnoles	août 1922	0,735	Grès à bilobites.
Fées	»	6 sept. »	0,53	»
Desnos	Tessé-la-Madeleine	18 » »	0,45	Limite du granite et du grès.
Buards*	»	» »	0 87	Granite.
Peyré*	»	» »	0,89	»
Le Haut-Coudray	La Chapelle-Moche	3 août »	0,81	»
La Belette	»	» »	0,74	»
Le Pissot	Juvigny	» »	0,08	»
Lessart*	»	sept. »	0,30	»
La Haute-Boizière	»	3 août »	0,41	Schistes micacés.
Bellefontaine	Perrou	19 sept. »	0,636	»
Hermitage	Champsecret	30 juill. »	1,430	»
Fontaine Ozanne	»	4 » »	0,228	Granite.
Fontaine Guérin	»	16 » »	0,547	Schistes micacés.
Rocher Viel	»	» »	0,102	Silurien.
La Fontaine Minérale* .	Saint-Michel	sept. »	0,437	Schistes micacés.
Le Bézier	»	3 » »	1,139	Grès de May.
Le Fay de Haut*	La Ferté-Macé	» »	1,833	Granite.
La Sourdais	»	4 » »	0,276	»
Le Bouillon Salles	»	19 » »	0,990	Limite des schistes et du grès de May.
La Retaudière	Magny	11 » »	0,840	Limite des schistes et du granite.
La Brindassière	»	» »	0,283	Granite.
Les Vallées	Antoigny	10 août »	1,108	Grès à bilobites.
Chaudefontaine	»	20 août 1920	3,864	»
Saint-Ursin	Lignières	18 » 1921	1,569	»
Vieil Être	Couterne	16 sept. 1922	0,824	Granite.
Lignou	»	» »	0,140	Schistes micacés.
Château de Frotté	»	2 oct. »	0,678	Granite.

Dès le premier abord, paraît bien exister une relation entre la structure géologique et la radioactivité des sources. Celles-ci se répartissant en groupes orientés NO-SE suivant la direction générale des lignes structurales de la région.

Les sources dont la teneur en émanation du radium est la plus forte, supérieure à 1 millimicrocurie (Saint-Ursin, Chaudefontaine, les Vallées, le Bézier, l'Hermitage) se groupent, à l'exception de la dernière, suivant une ligne qui coïncide en moyenne avec un synclinal occupé par le grès de May.

Au sud de cette ligne se trouve le groupe de Bagnoles (valeur moyenne,

0,8 millimicrocurie) comprenant des sources émergeant du granite, sources qui, cette année tout au moins, ont eu une teneur en émanation inférieure à celle des sources prenant naissance dans les terrains sédimentaires, contrairement à ce qui était admis généralement (Belette, Haut Coudray, Fées, Grande Source, Desnos, Peyré, Buards, Château de Frotté, Vieil-Être).

Enfin, plus au sud, la radioactivité des sources diminue encore (Lignou, 0,140 millimicrocurie, Haute Boizière, 0,409).

Au nord de la ligne principale, la radioactivité des sources décroît également jusque dans le massif granitique Fertois où certaines sources ont une radioactivité faible (Sourdais, Brindassière) de l'ordre de 0,3 millimicrocurie, les sources de même radioactivité s'orientant toujours suivant une ligne NO-SE. Toutefois plus au nord existe une source assez active, le Fay de Haut (1,83 millimicrocurie) La cause de cette anomalie demande à être recherchée.

Enfin, dernière remarque, les sources tout à fait superficielles n'ont qu'une radioactivité très faible (Pissot, 0,08) ou nulle (Rocher Marie, puits de l'Hermitage, puits de la Gueronnière).

En résumé, nous voyons qu'il existe une relation indéniable entre la radioactivité des sources Bagnolaises et la structure géologique de la région sans qu'il soit possible pour l'instant de formuler une loi générale. Les mesures devront être reprises, étendues à un plus grand nombre de sources distribuées sur un plus vaste secteur, ce que je me propose de faire par la suite.

GÉOLOGIE. — *Sur l'étude géologique du fond de la Manche.* Note de M. **J.-B. Charcot**, présentée par M. Pierre Termier.

Pendant sa croisière de 1922, le *Pourquoi-Pas?* tout en procédant aux autres nombreuses opérations de sa mission, a continué l'étude géologique commencée en 1921 des bancs de Porcupine et de Rockall dans l'Atlantique, et surtout de la Manche à l'instigation de MM. A. Lacroix et P. Lemoine. Aux 54 stations de l'an dernier effectuées dans cette mer sont ainsi venues s'ajouter les 64 stations géologiques de cette année.

Nous croyons pouvoir dire que c'est la première fois que l'étude géolo-

gique systématique et méthodique d'une mer a été entreprise. Les recherches de cette nature avaient jusqu'à présent été effectuées au hasard d'opérations océanographiques, ou poursuivies momentanément dans des régions très restreintes (Laboratoire de Plymouth au sud du Devon, de Lapparent au Pas de Calais, Ferronnière, embouchure de la Loire) ou limitées à la nature superficielle du fond (Delesse, Thoulet).

Nous avons exploré environ les deux tiers de la Manche, soit entre une ligne tirée du cap Lizard à Roscoff à l'Ouest et du cap Sainte-Catherine à celui d'Antifer à l'Est.

Toutes nos stations ont été choisies très méthodiquement sur une série de lignes reliant l'Angleterre à la France, puis parallèles à ces deux côtes; le golfe Normanno-Breton a été particulièrement fouillé. Chaque station comportait souvent plusieurs opérations.

Les appareils ramasseurs de fond habituels ne rapportant que des échantillons de petites dimensions, nous leur avons adjoint un autre procédé de prélèvement.

Nous ne prétendons pas avoir inventé un instrument ni même une technique entièrement nouvelle, car de tout temps les dragues ont rapporté des pierres — généralement même quand on cherche autre chose — et le laboratoire de Plymouth s'en est servi efficacement pour ses belles recherches déjà citées. L'appareil que nous avons adopté est en effet le modèle un peu réduit, préféré par S. A. S. le Prince de Monaco, de la drague de Ball et Forbes, utilisée par le *Challenger*. Mais, en lui apportant quelques modifications qui paraissent heureuses et en l'utilisant avec un tour de main spécial inspiré d'ailleurs de celui de M. Rondeleux et de M. Thoulet pour la petite drague lithologique de ce dernier, nous croyons être arrivés à des résultats un peu inattendus et surtout avoir prouvé que l'étude géologique du fond de la mer peut être pratiquée facilement et rapidement.

Pour des fonds de 100^{m}, toute l'opération, depuis le départ de la drague du bord jusqu'à sa rentrée, demande de 10 à 15 minutes. La drague s'enfonce dans le sol, et l'on peut estimer qu'elle y travaille suivant sa nature et fréquemment à $0^{m},50$ et même jusqu'à $0^{m},75$.

Sur plus de 130 coups de drague ainsi donnés, il n'y en a pas 6 qui n'aient pas ramené de blocs de taille appréciable. La drague rapporte en général de 50^{kg} à 200^{kg} d'échantillons, parfois en couches superposées, parfois de blocs de volume variable dont quelques-uns fréquemment pèsent de 25^{kg} à 30^{kg} et ont été arrachés.

Nous évaluons à 5 tonnes au moins le poids total des échantillons ramenés pendant la croisière en Manche de 1922.

Ce procédé a pu être employé par très grosse mer et même la nuit; c'est lui qui nous a servi également pour nos opérations sur les bancs de Porcupine et de Rockall et, si nous nous sommes limités à 220^{m}, c'est uniquement parce que notre treuil à vapeur, ancien treuil de dragueur de mines, ne pouvait porter que la quantité de câble nécessaire pour cette profondeur.

Nous prévoyons déjà des modifications qui pourront être apportées dans la forme des dragues, mais, actuellement, l'uniformité de la méthode employée permet une comparaison précise des différents résultats obtenus suivant la nature du fond. Inversement, il sera intéressant d'essayer plusieurs modèles de dragues sur un affleurement connu.

Ce n'est que lorsque échantillons et documents auront été étudiés par les laboratoires compétents, qu'il sera possible de juger des résultats acquis. Cependant, on peut déjà dire que cette partie géologique de la campagne de 1922, continuant celle de 1921, a permis de recueillir des échantillons qui, triés et examinés préliminairement à bord même, peuvent être classés en roches arrachées, en fossiles (nombreux et parmi lesquels se trouvent des ammonites), en échantillons minéralogiques, en galets anciens, en roches transportées par les glaces, en sédiments actuels. Avec quelques résultats pratiques, notamment des indications pouvant servir à l'établissement de cartes de pêche et sur l'emplacement de mollusques comestibles, M. Louis Dangeard, géologue de la croisière, considère qu'elle a fourni des renseignements concernant la sédimentation ancienne et actuelle, les transgressions et régressions de la mer, l'origine de la Manche. Elle a précisé la nature des surfaces rocheuses sous-marines et a montré l'existence de fonds calcaires abondants. Enfin elle a permis d'aborder un genre de recherches très neuf, la géologie et la paléontologie sous-marine.

EMBRYOGÉNIE VÉGÉTALE. — *Embryogénie des Caryophyllacées. Les derniers stades du développement de l'embryon chez le* Sagina procumbens *L.* Note de M. **René Souèges**, présentée par M. L. Guignard.

Partant du proembryon à seize cellules, réparties en six étages, *l*, *l'*, *m*, *n*, *o* et *p* (1), on peut montrer comment se succèdent les segmentations dans

(1) R. Souèges, *Embryogénie des Caryophyllacées. Les premiers stades du développement de l'embryon chez le* Sagina procumbens *L.* (*Comptes rendus*, t. 175, 1922, p. 709).

chacun de ces six étages, jusqu'au moment de la différenciation définitive des régions fondamentales du corps de l'embryon adulte.

L'étage supérieur *l*, qui représente l'épiphyse, est constitué de quatre cellules circumaxiales (*fig.* 19 à 24). Elles se divisent par une paroi tangentielle (*fig.* 25 à 29) qui sépare extérieurement les quatre premières cellules de l'épiderme et, intérieurement, les quatre premières cellules de l'écorce au sommet de la tige. Ces deux groupes de quatre éléments ne prennent dans la suite que des cloisons anticlines (*fig.* 30 et 33) et il en est ainsi dans les deux tétrades circumaxiales successives qui résultent de ces cloisonnements. Les deux groupes différenciés dès le stade de la figure 27 sont, en somme, les initiales d'où procèdent l'épiderme et l'écorce de la tige future.

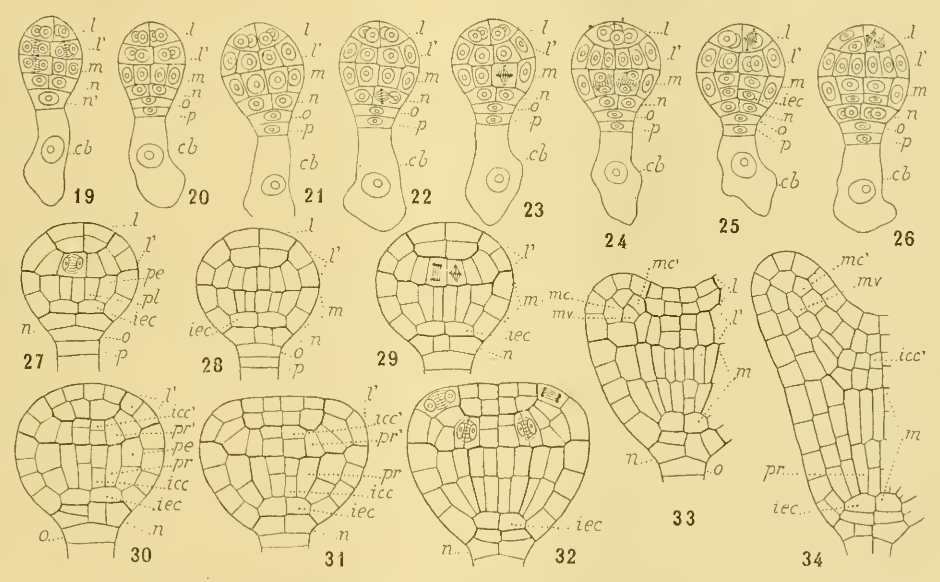


Fig. 19 à 34. *Sagina procumbens* L. — Les derniers stades du développement embryonnaire. *l*, *l'*, *m*, *n*, *o* et *p*, les six étages du proembryon à seize cellules; *cb*, cellule basale indivise du proembryon bicellulaire; *iec*, initiales de l'écorce au sommet radiculaire; *icc* et *icc'*, initiales du cylindre central de la racine et de la tige; *pr* et *pr'*, péricycle de la racine et de la tige; *pe*, périblème; *pl*, plérome; *mc* et *mc'*, méristème cortical du cotylédon; *mv*, méristème vasculaire du cotylédon. G. : 420.

L'étage *l'* correspond à la partie cotylée proprement dite; il donne naissance aux deux cotylédons et aux premières cellules de la région supérieure du cylindre central. Les quatre éléments qui le constituent (*fig.* 20) se segmentent tangentiellement et séparent, vers l'extérieur, le dermatogène (*fig.* 19, 21 à 23). Les quatre cellules intérieures se cloisonnent verticalement, engendrent ainsi, sous l'épiderme, les premières cellules de périblème et, autour de l'axe, les premières cellules de plérome du cône végétatif de la tige (*fig.* 24, 26). Ces quatre cellules de plérome, par de nouvelles parois verticales (*fig.* 27, 28), donnent, au voisinage du périblème, des éléments homologues des éléments péricycliques de l'hypocotyle et quatre nouvelles cellules circumaxiales. Les éléments de nature péricyclique (*pr'*) se segmentent longitudinalement (*fig.* 32, 33),

puis transversalement et engendrent ainsi un noyau cellulaire de raccordement entre le plérome du cotylédon (*mv*), celui du cône végétatif de la tige et même celui de l'hypocotyle. Les quatre cellules circumaxiales se partagent transversalement (*fig.* 29 et 30) en deux tétrades superposées : la tétrade supérieure, voisine de l'épiphyse, représente les initiales de la stèle du côté de la tige (*icc'*), la tétrade inférieure constitue les cellules mères du méristème vasculaire de ce même organe. Les premières cellules de périblème de la partie cotylée se divisent le plus souvent par une cloison tangentielle qui, chose assez singulière, vient s'insérer inférieurement sur la paroi de la cellule épidermique de l'hypocotyle. Des cloisons anticlines succèdent à ces parois tangentielles et parfois peuvent les précéder. C'est aux dépens des éléments les plus intérieurs (*mv*, *fig.* 33) de ce groupe cellulaire que se différencie le méristème vasculaire du cotylédon; les autres éléments du même groupe contribuent à la formation du périblème cotylédonaire externe et interne (*mc* et *mc'*, *fig.* 33 et 34).

L'étage *m* donne naissance à l'hypocotyle. Les quatre éléments qui le composent dans le proembryon à seize cellules sont les premiers à se segmenter (*fig.* 19, 20). Des cloisons tangentielles individualisent tout d'abord le dermatogène (*fig.* 21, 22); puis, dans les quatre cellules intérieures, comme cela a déjà été observé chez les *Nicotiana* (¹), des parois transversales (*fig.* 23, 24, 25) séparent, vers le bas, les initiales de l'écorce au sommet radiculaire, et, vers le haut, quatre nouvelles cellules circumaxiales qui, se divisant longitudinalement, engendrent les deux histogènes internes, périblème et plérome (*fig.* 27). Les éléments du plérome, par de nouvelles parois verticales (*fig.* 28, 29), donnent extérieurement les premières cellules du péricycle et quatre nouvelles cellules voisines de l'axe; celles-ci se partagent transversalement (*fig.* 30, 31) en deux tétrades superposées : la tétrade inférieure représente les initiales du cylindre central au sommet radiculaire, la tétrade supérieure engendre le méristème vasculaire de la racine. Les éléments du périblème en segmentent transversalement, puis longitudinalement dans les deux directions rectangulaires: les segmentations se poursuivent dans les nouvelles cellules conformément aux règles ordinaires qui président à la multiplication cellulaire dans ce tissu de l'embryon.

L'étage *n* est composé de deux cellules; elles se divisent verticalement; puis, dans les quatre éléments engendrés, s'établissent, d'emblée ou après de nouvelles parois verticales, des cloisons tangentielles qui séparent l'assise calyptrogène de la couche la plus inférieure de la coiffe. Les cellules *o* et *p* entrent dans la constitution du suspenseur.

Les faits les plus saillants que révèle l'histoire embryogénique du *Sagina procumbens* se rapportent à l'origine de l'épiphyse, à la marche des segmentations dans la partie cotylée, au mode de différenciation des initiales de l'écorce au sommet radiculaire. Le développement embryonnaire, d'une manière générale, est le plus schématique et le plus accéléré que l'on connaisse.

(¹) R. Souèges, *Recherches sur l'embryogénie des Solanacées* (*Bull. Soc. bot. Fr.*, t. 69, 1912, p. 172).

BOTANIQUE. — *Sur la différenciation vasculaire basipète pour toutes les traces foliaires chez la Mercuriale.* Note [1] de M. P. BUGNON, présentée par M. Guignard.

J'ai indiqué antérieurement [2] d'après quelles analogies la disposition affectée par la portion inférieure du faisceau cotylédonaire médian, chez la Mercuriale (*Mercurialis annua* L.), pouvait être interprétée comme une bifurcation de raccord, au même titre que la portion correspondante des autres faisceaux foliaires médians.

L'ordre chronologique suivant lequel se fait la différenciation vasculaire, du haut en bas de cette bifurcation, offre un nouveau trait de ressemblance très important entre le raccord des faisceaux cotylédonaires et celui des faisceaux médians des feuilles végétatives.

En ce qui concerne les faisceaux cotylédonaires, et abstraction faite du protoxylème centripète compris entre les branches de la bifurcation, il a été établi par G. Chauveaud [3] que la différenciation des premiers vaisseaux est plus hâtive dans le cotylédon que dans l'hypocotyle et plus active dans le sommet de l'hypocotyle que dans sa base. La différenciation vasculaire y est donc basipète par rapport à la base de la tige.

Il en est de même pour une trace foliaire quelconque. Le cas particulier ci-dessous décrit correspond à un fait général.

Considérons, par exemple, la trace du faisceau médian M_5 (*fig.* 1) appartenant à l'une des feuilles F_5 (feuilles de la cinquième paire au-dessus des cotylédons) d'une jeune Mercuriale dont la région terminale a fait l'objet d'une série de coupes transversales au microtome.

La coupe 53 de la série passe vers le sommet du nœud des feuilles F_3. A ce niveau, le faisceau M_5 est encore entier et possède trois vaisseaux bien différenciés. Les divers faisceaux correspondant au bourgeon axillaire de la feuille F_3 sont groupés entre le faisceau médian M_3 et les deux faisceaux latéraux L_3 et L'_3 de la feuille axillante. En descendant à travers le nœud, les faisceaux gemmaires finissent par constituer deux groupes latéraux (faisceaux *b* et *c*, *b'* et *c'*).

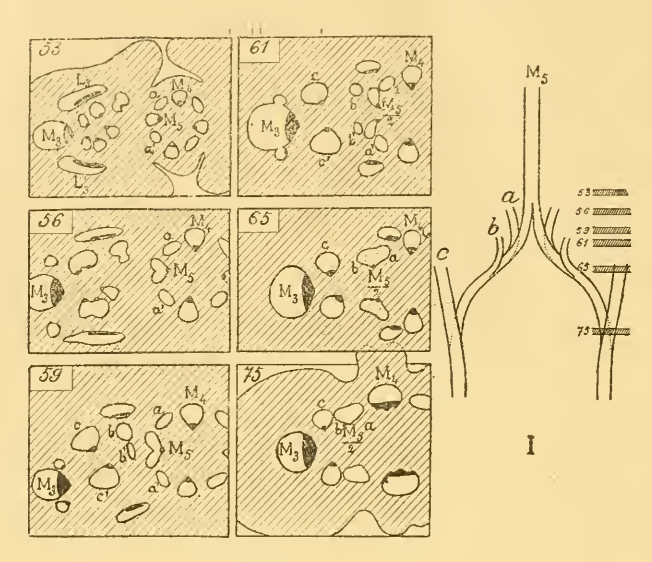
Sur la coupe 56, le faisceau M_5 montre le début de sa bifurcation; c'est d'abord sa masse libérienne qui se scinde en deux parties. Au niveau de la coupe 59, la séparation est beaucoup plus accentuée; au niveau de la coupe 61, la fissure a atteint la région ligneuse et le faisceau M_5 est dorénavant représenté par deux moitiés divergentes, dont il suffit de suivre l'une, $\frac{M_5}{2}$. Se rapprochant de la périphérie, elle vient s'inter-

[1] Séance du 6 novembre 1922.

[2] P. BUGNON, *Comptes rendus*, t. 174, 1922, p. 1484.

[3] G. CHAUVEAUD, *Ann. Sc. nat.*, 9e série, *Bot.*, t. 12, 1910, p. 59 et 65.

caler entre les faisceaux *a* et *b*, qui ne possèdent encore aucun élément ligneux reconnaissable sur toute leur longueur. Le faisceau $\frac{M_5}{2}$, au contraire, présente encore là un faisceau bien différencié.



Mercurialis annua L.
Les six schémas 53 à 75 ont été copiés à la chambre claire [1]. Gr. : $\frac{30}{2}$.

Au niveau de la coupe 65, les faisceaux *a* et *b* se montrent accolés latéralement au faisceau $\frac{M_5}{2}$; le faisceau anastomotique ainsi formé $\left(a\frac{M_5}{2}b\right)$ possède l'unique élément ligneux de son constituant $\frac{M_5}{2}$; mais, déjà au niveau de la coupe 75, il n'en possède plus aucun, et il en est ainsi aussi loin qu'on peut le suivre vers le bas, même après sa fusion latérale avec le faisceau *c*.

Le schéma tracé en I (voir la figure) indique la forme d'ensemble et les rapports de la trace du faisceau M_5, dans sa région de bifurcation et de raccord.

La description qui précède ne fait que confirmer, à propos de la Mercuriale, la réalité du phénomène très général de la différenciation vasculaire basipète des traces foliaires, phénomène dont la généralité était déjà posée

---

(1) Il ne me paraît pas indispensable de donner ici des dessins détaillés ou des microphotographies, en raison du peu de place disponible et de la facilité avec laquelle les faits décrits sont vérifiables, puisqu'ils sont généraux et que la plante étudiée est très commune. Les schémas donnés pareillement dans ma Note antérieure ont toutefois été critiqués par M. Bouvrain (*Comptes rendus*, t. 175, 1922, p. 380); mais cet auteur ne signale pas d'erreur de fait dans mes descriptions relatives à la seule question traitée, à savoir la course d'ensemble des traces foliaires, tant dans l'hypocotyle que dans l'axe épicotylé; le reproche qu'il m'adresse d'avoir trop simplifié les schémas correspondants est donc sans portée.

en principe par Naegeli ([1]). Celui-ci en concluait à la différenciation basipète des cordons procambiaux, conclusion impliquant l'indépendance initiale des traces foliaires et leur raccord subséquent.

Plus tard, Lignier surtout ([2]) a longuement insisté sur ces faits et sa théorie du mériphyte a trouvé là son origine.

Depuis, un certain nombre d'auteurs ont constaté et décrit le raccord effectif des traces foliaires avec l'appareil conducteur sous-jacent. Je l'ai fait personnellement à propos des Graminées ([3]). G. Chauveaud l'a fait également, par exemple sur le Buis (*Buxus sempervirens*) ([4]); etc.

Dans tous les cas où ce raccord a pu être observé comme une réalité objective, la différenciation vasculaire s'est montrée basipète. Cela donne une force singulière à la conclusion de Naegeli. Même dans le cas où le raccord n'a pas été effectivement constaté jusqu'ici, l'hypothèse du raccord fournit, ainsi que l'a montré Lignier, l'explication la plus simple des variations de la structure caulinaire.

Si, maintenant, tenant compte des analogies intimes que j'ai signalées entre la portion inférieure du faisceau cotylédonaire médian et celle du faisceau médian des feuilles végétatives chez la Mercuriale, on cherche à s'expliquer le sens basipète de la différenciation vasculaire dans l'hypocotyle de cette plante, il n'apparaît nullement nécessaire de faire intervenir, ainsi que le pense M. G. Chauveaud, la théorie de l'accélération basifuge; ce fait est expliqué au moins aussi facilement par la théorie du raccord et, en tout cas, il ne peut pas présenter davantage de caractère ancestral dans l'hypocotyle qu'il n'en a dans l'axe épicotylé.

([1]) NAEGELI, *Beiträge zur wiss. Bot.*, Heft I, 1858, p. 34.

([2]) O. LIGNIER, *De l'importance du système libéro-ligneux foliaire en anatomie végétale* (*Comptes rendus,* séance du 6 août 1888); *De l'influence que la symétrie de la tige exerce sur la distribution, le parcours et les contacts de ses faisceaux libéro-ligneux* (*Bull. Soc. Linn. Normandie*, 4e série, vol. 2, 1889).

([3]) P. BUGNON, *La feuille chez les Graminées* (*Thèse Doct. Sc. nat.*, Paris, 1921, et *Mémoires de la Soc. Linn. de Norm.*, t. 21, fasc. 2).

([4]) G. CHAUVEAUD, *Ann. Sc. nat.*, 9e série, *Bot.*, t. 13, 1911, p. 325.

Je transcris ici sa description, qui est tout à fait typique : « Au-dessus de l'insertion des cotylédons, dans la gemmule, on voit bientôt apparaître deux arcs criblés. Au milieu de ces arcs et en dedans d'eux on voit peu après se différencier un premier vaisseau, puis un second vaisseau. Ces vaisseaux vont constituer la continuation des deux faisceaux vasculaires intercotylédonaires dont nous avons signalé la suppression au-dessous des cotylédons.

« Le raccordement entre ces deux formations vasculaires se fait de proche en proche, à mesure que se poursuit la différenciation de ces vaisseaux superposés qui se fait de haut en bas. »

BOTANIQUE. — *Sur les variations de coloration des fleurs réalisées expérimentalement à haute altitude.* Note de M. **Joseph Bouget**, présentée par M. Gaston Bonnier.

Dans une Note récente, j'ai indiqué comment on peut reproduire expérimentalement, par des changements d'altitude et d'exposition, les variations de coloris observées dans la nature chez un certain nombre de fleurs. Les expériences qui font l'objet de la Note actuelle sont destinées à montrer que des variations analogues peuvent être obtenues, à une altitude donnée, par un simple changement dans les conditions physiques du milieu qui entoure la plante pendant sa floraison.

Ces recherches ont été poursuivies au jardin botanique de l'Observatoire du Pic du Midi (2860^m d'altitude), depuis l'année 1905 jusqu'à ce jour. Elles ont porté sur des plantes assez nombreuses qui croissent aux hautes altitudes. Les résultats les plus importants ont été obtenus avec les *Silene acaulis*, *Daphne Cneorum*, *Iberis spatulata*.

Lorsque ces plantes fleurissent aux bords des névés, par un temps beau et sec qui provoque la fusion de la neige, les fleurs sont brillamment colorées. Cette couleur se dégrade à mesure que la neige fond et que le milieu devient moins humide. Lorsque la floraison s'effectue sur un terrain sec, dans les mêmes conditions atmosphériques, les fleurs sont pâles et décolorées; elles reprennent des teintes plus foncées s'il survient une pluie plus ou moins abondante, suivie d'une forte radiation solaire.

Par exemple, le *Silene acaulis* donne des fleurs d'un rouge vif dans le premier cas, rose clair dans le second. On choisit, en terrain sec, une touffe de cette plante, portant des fleurs pâles à diverses étapes de la floraison; on la détache avec la motte de terre entière entourant toutes les racines; on la transplante en pleine terre, sur le bord d'un névé, dans une position telle que tout contact direct avec l'eau de fusion de la neige soit évité; cette dernière condition est des plus essentielles, car l'atteinte de l'eau de fusion risquerait de tuer la plante. Dans ces conditions, lorsque l'expérience est poursuivie par un temps chaud et sec, on observe que la coloration rose pâle des fleurs déjà ouvertes devient plus foncée. Quant aux fleurs encore en boutons au moment de la transplantation, elles prennent à leur éclosion la même teinte rouge vif que l'on observe sur celles qui se sont développées sur place au bord du névé. Un résultat analogue est obtenu en laissant en place la touffe sur son terrain sec et en l'entourant de neige (toujours de

manière à empêcher le contact direct avec l'eau de fusion), qui est renouvelée à mesure qu'elle fond, pour maintenir pendant toute la floraison le milieu qui entoure la plante dans les mêmes conditions.

Les facteurs qui interviennent dans le phénomène sont évidemment créés par la neige exposée à une forte radiation solaire. Celle-ci détermine non seulement la fusion rapide de la neige mais une évaporation intense, qui introduit dans les couches d'air voisines de la plante une assez forte proportion de vapeur d'eau, pendant que le reste de l'atmosphère en contient fort peu, comme l'indiquent les hygromètres de l'Observatoire voisin.

On réalise des conditions assez semblables en recouvrant le sol tout autour de la plante de matières diverses très divisées : offrant une large surface à l'évaporation (mousses, pailles, morceaux de drap, charbon, sable, terres argileuses, surtout quand elles contiennent de l'oxyde de fer), que l'on maintient humides par des aspersions d'eau assez fréquentes. On y arrive également en effectuant très souvent des pulvérisations d'eau à une température supérieure à la température ambiante (l'eau plus froide versée sur la plante exposée au soleil produirait des accidents analogues à des brûlures qui compromettraient la vie du végétal). Par ces divers moyens, on produit un rougissement accentué des fleurs pâles, mais l'intensité de la coloration n'est jamais aussi vive que celle causée par un entourage de neige.

C'est avec la neige qu'on réalise les coloris les plus beaux, à condition que la radiation solaire soit très intense. Peu importe la valeur de la température observée pendant l'expérience; les indications du thermomètre n'ont pas d'influence sensible; ce sont celles de l'actinomètre qui jouent un rôle prépondérant. Aussi toute diminution de l'intensité de la radiation solaire, un temps couvert par exemple, diminue également la vivacité des coloris.

Les expériences que nous venons de décrire montrent l'influence très grande sur la coloration des fleurs :

1° Du milieu qui entoure la plante pendant la floraison;

2° De l'énergie que la plante reçoit du soleil pendant ce temps.

BOTANIQUE. — *Sur les pousses supplémentaires estivales.* Note de M. **G.-L. Funke**, présentée par M. Gaston Bonnier.

On sait que chez un assez grand nombre d'arbres et d'arbustes, il se forme, au milieu de l'été, de jeunes pousses supplémentaires qu'on appelle

vulgairement « pousses d'août. » Je me suis proposé, dans ce travail, d'étudier en particulier la façon dont se comporte l'assise génératrice libéro-ligneuse de la tige, lorsqu'il se produit une pousse d'août. J'ai examiné anatomiquement des branches, récoltées à la fin de septembre et en octobre dans la forêt de Fontainebleau; ces branches portaient des pousses supplémentaires qui avaient atteint leur état adulte, de façon à pouvoir être comparées aux pousses normales de printemps. Les pousses d'août ont en moyenne les mêmes dimensions que les pousses de printemps; toutefois l'on n'a jamais grand'peine à les reconnaître car, par leur aspect jeune, elles tranchent pendant longtemps sur l'ensemble du feuillage des branches normales.

On peut distinguer plusieurs catégories parmi les pousses d'août; le premier cas est représenté par le développement, en été, d'un bourgeon situé sur une pousse de printemps; c'est quelquefois un bourgeon latéral de cette branche de printemps qui produit la pousse d'août et beaucoup plus souvent encore c'est le bourgeon terminal de cette même branche. Dans un second cas, c'est un bourgeon formé l'année précédente, ou même pendant une année antérieure, qui se développe pendant l'été sans avoir donné une pousse de printemps. Je n'ai observé les pousses de cette catégorie que sur des bourgeons latéraux du bois des années antérieures. Il existe encore une troisième sorte de branche se formant en été, c'est le cas où il se produit simplement une reprise de la végétation de la branche de printemps; il ne s'est alors pas formé de bourgeon entre les deux évolutions de la même branche. Dans ce troisième cas, il se produit quelquefois un arrêt dans l'apparition des feuilles successives, et l'on voit brusquement une différence entre les feuilles de printemps et les feuilles d'été, à ce point que l'on pourrait confondre la partie la plus jeune d'une telle branche avec une vraie pousse d'août.

Voici quels sont les principaux résultats de mes observations, au sujet des espèces suivantes :

Chez le Charme (*Carpinus betulus*) je me suis appliqué surtout à comparer la structure d'une pousse de printemps qui porte une pousse d'août adulte à la structure d'une autre branche de printemps similaire du même arbre, mais qui ne porte pas de pousse d'août. La pousse de printemps sans pousse d'août montre un anneau de bois secondaire normal, dans lequel les vaisseaux ont un calibre de plus en plus petit en allant vers l'extérieur. La pousse de printemps comparable, mais avec pousse d'août, fait voir un anneau semblable au précédent, se continuant vers l'extérieur par une formation secondaire, due à la pousse d'août; toutefois, cette formation super-

posée ne produit pas un deuxième anneau distinct; on la reconnaît seulement à la présence (en dehors des plus petits vaisseaux extérieurs du bois normal) de vaisseaux tout à coup d'un plus grand calibre qui rappellent les premiers vaisseaux secondaires du bois de printemps; j'insiste sur ce point qu'il y a continuité entre ces formations secondaires ligneuses superposées et que la limite entre elles n'est pas absolument nette.

Le retentissement des formations ligneuses supplémentaires autour du bois secondaire des pousses successives des années antérieures, n'est pas indéfini comme on pourrait le croire théoriquement, mais s'éteint au contraire rapidement. Pour une pousse d'août de 1922 on ne trouve plus que des formations supplémentaires beaucoup moindres, plus bas, dans la pousse de 1921; à peine indiquées dans celle de 1920; et, plus bas encore, nulles dans la pousse de 1919 ainsi que chez toutes les pousses antérieures.

Lorsqu'une pousse d'août provient directement d'un bourgeon formé pendant une année antérieure (bourgeon qui, dans ce cas, est toujours latéral), le retentissement des tissus ligneux supplémentaires se fait sentir dans la branche ancienne à la fois au-dessous et au-dessus de l'insertion latérale de la pousse d'août; mais elle est plus marquée au-dessous.

Quant aux branches qui ne sont pas de vraies pousses d'août, mais qui continuent simplement une branche de printemps, elles se comportent anatomiquement comme des vraies pousses d'août.

Dans le Chêne (*Quercus robur*), il n'y a généralement que de vraies pousses d'août terminales, et l'on observe dans l'anatomie comparée de ces pousses et de celles du printemps les mêmes résultats que pour le Charme, toutefois avec un peu plus de netteté. Il en est à peu près de même chez l'Aubépine (*Cratægus oxyacantha*).

Dans le Micocoulier (*Celtis australis*), on trouve, et en abondance, les diverses sortes de pousses d'août; il y a même chez cet arbre de vraies pousses d'août latérales qui se développent à l'aisselle des feuilles d'une fausse pousse d'août. Ce qui est intéressant dans cette espèce, c'est que les vraies pousses d'août terminales produisent un deuxième anneau ligneux dans la pousse de printemps qui est au-dessous; cet anneau supplémentaire est presque aussi nettement séparé de l'anneau normal que le sont deux couches ligneuses secondaires dans les années successives d'une branche ordinaire; en ce cas, une coupe dans la branche de printemps, pratiquée actuellement ou dans quelques années, présenterait en cet endroit une structure qui pourrait faire croire à une année de plus dans son existence; comme le retentissement de cette formation annulaire est très faible dans la

branche de l'année précédente, une coupe pratiquée dans cette partie de l'arbre ne donnerait pas lieu à cette erreur.

Il en est sensiblement de même pour la Glycine (*Wistaria sinensis*); on peut même ajouter à propos de cette dernière espèce que, chez une fausse pousse d'août, l'anneau supplémentaire, qui s'y forme par suite du développement latéral de plusieurs vraies pousses d'août, s'atténue assez rapidement au-dessous de la partie développée en été et devient complètement nul à la base de cette même branche.

Des arbrisseaux qui ont été taillés pendant la saison, par exemple pour faire des haies, produisent, pendant cette même saison, de nouvelles branches superposées latéralement aux branches coupées, et qui sont dans une certaine mesure comparables aux « pousses d'août ». On peut observer, par exemple sur le Troëne (*Ligustrum vulgare*) et sur le Fusain (*Evonymus europæus*), chez ces tiges développées après la taille, des structures assez diverses. La plus curieuse est celle de tiges présentant un anneau supplémentaire distinct, et même, chez le Troëne, le commencement d'un second anneau externe.

En somme, au point de vue de la détermination de l'âge des arbres de nos climats par le nombre des couches ligneuses secondaires, la production de pousses supplémentaires en été ne fournit généralement pas une cause d'erreur, car, sauf chez quelques espèces, la formation ligneuse qui en résulte s'ajoute d'une façon assez continue aux productions normales. En outre, le retentissement de cette structure supplémentaire sur le bois des branches situées au-dessous ne se produit que sur les branches des deux ou trois années antérieures.

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Les pigments anthocyaniques et les phlobatanins chez les végétaux.* Note de M. St. Jonesco, présentée par M. Gaston Bonnier.

L'emploi de l'alcool amylique, préconisé par Willstätter, pour la séparation des divers pigments anthocyaniques, a permis récemment de mettre en évidence l'existence de plusieurs pigments de cette catégorie; ceux-ci peuvent avoir toutefois des caractères différents. En effet, jusqu'à présent on a constaté par cette méthode, pour une espèce donnée, la présence dans divers organes rouges d'un corps de nature anthocyanique et coloré en rouge, appelé *anthocyanidine*, et d'un autre de même nature, coloré en

jaune, appelé *pseudo-base*. C'est surtout Kurt Noack qui s'est occupé de l'existence et de la relation des pseudo-bases avec les autres pigments anthocyaniques, chez les végétaux. Cet auteur a démontré que les pseudo-bases trouvées par lui sont des produits d'isomérisation d'une anthocyanidine, car en chauffant ces produits avec de l'acide chlorhydrique ils se transforment en un pigment coloré en rouge présentant tous les caractères des anthocyanidines.

Or R. Combes [1] a objecté ultérieurement que les substances identifiées par Kurt Noack comme pseudo-bases sont des *phlobatanins* et leurs produits colorés, obtenus par chauffage avec des acides, des *phlobaphènes*. On sait ce que sont les phlobatanins et les phlobaphènes en Physiologie; il s'agit de voir si les pseudo-bases de Kurt Noack entrent ou non dans la catégorie des phlobatanins. Or, il suffit de signaler que l'acétone utilisée par R. Combes comme solvant et les autres procédés de précipitation employés par lui ne sont pas exclusifs aux phlobatanins. On sait, en effet, que l'acétone est un solvant total qui dissout aussi bien les anthocyanes que les tanins, et que l'éther de pétrole employé par l'auteur précipite de même ces deux catégories de corps.

Par conséquent les produits ainsi obtenus sont un mélange de phlobatanins et de divers corps anthocyaniques, particulièrement de pseudo-bases de Kurt Noach. C'est pour cela encore que ces produits présentent des réactions communes aux tanins et aux anthocyanes.

Nous avons entrepris une étude détaillée pour chercher s'il existe une relation entre les pigments anthocyaniques et les substances appartenant à la classe des tanins. Nous donnerons ici seulement quelques résultats obtenus dans les expériences faites sur les feuilles rouges de *Prunus Pissarai;* l'exposé de nos recherches sera publié dans un prochain travail.

Les feuilles rouges de *Prunus Pissardi*, desséchées et transformées en poudre, ont été épuisées, après l'extraction complète des pigments chlorophylliens, par l'éther sulfurique, pendant 2 semaines. L'éther retire de ces organes deux substances différentes comme coloration et comme propriétés chimiques : 1° l'une, incolore, très soluble dans l'eau; 2° l'autre, jaune, complètement insoluble dans l'eau froide comme dans l'eau chaude, mais très soluble dans l'alcool éthylique. La première substance, à l'état de pureté, cristallise très parfaitement en longues tablettes et en aiguilles, la

(1) R. COMBES, *La recherche des pseudo-bases d'anthocyanidines dans les tissus végétaux* (*Comptes rendus*, t. 174, 1922, p. 58).

seconde se présente sous forme amorphe. Les plus importantes réactions que fournit cette première substance sont les suivantes :

Dans une solution aqueuse, cette substance, traitée par le perchlorure de fer, donne une belle coloration vert émeraude qui devient rouge par la soude et violet foncé par l'ammoniaque concentrée; elle présente aussi une coloration jaune suivie d'un précipité quand on la traite par le molybdate d'ammonium dissous dans le chlorure d'ammonium concentré. Si l'on ajoute de l'acétate neutre de plomb à une solution de cette substance, il se forme un précipité blanc. Enfin, elle réduit facilement la liqueur de Fehling. D'une solution aqueuse, ce corps passe dans l'alcool amylique, qui se colore en jaune si on le chauffe très longtemps (4 à 5 heures) avec des acides dilués (HCl, SO^4H^2). Cette couleur reste nettement jaune sans jamais être même teintée de rouge; des tanins chimiquement purs se sont comportés par leurs réactions de la même manière. Toutes les propriétés de cette substance montrent qu'elle appartient à la classe des tanins.

La substance jaune présente les caractères suivants : dans une solution alcoolique concentrée elle est précipitée immédiatement si l'on ajoute à la solution simplement de l'eau distillée. Nous n'insisterons donc pas sur les autres réactifs qui la précipitent facilement. Traitée par le perchlorure de fer, cette substance prend une coloration brun noirâtre; après quelques temps la nuance noirâtre disparaît, la coloration brune reste seule. Avec les alcalis et les acides elle acquiert une couleur jaune intense, elle ne réduit la liqueur de Fehling qu'après hydrolyse par des acides. Elle passe aussi dans l'alcool amylique, et ne se transforme jamais en pigment rouge, même par un chauffage prolongé, avec des acides dilués.

Après l'extraction de ces deux substances, nous avons retiré des mêmes feuilles, par l'éther acétique et par l'alcool amylique, les *pseudo-bases* et les *anthocyanidines*.

Ces derniers corps n'ont donc rien de commun avec les premières substances et surtout avec celle incolore de nature tannoïde. En effet, les pseudo-bases et les anthocyanidines se présentent, à l'état de pureté, comme une poudre amorphe très fine; les unes comme les autres sont insolubles dans l'éther sulfurique, dans l'eau, dans l'acide sulfurique; à peine solubles dans l'acide chlorhydrique; très solubles dans l'éther acétique, l'acide acétique, l'alcool amylique et les alcalis. Ces corps, étant insolubles dans l'eau, sont très facilement précipitables par divers réactifs; ils ne se colorent pas avec le perchlorure de fer et ils prennent toujours avec les alcalis une forte coloration jaune. Enfin les pseudo-bases, corps de couleur jaunâtre, chauffées

avec de l'acide chlorhydrique dilué, se transforment rapidement et complètement en un pigment rouge, une anthocyanidine : vingt minutes suffisent pour opérer la transformation.

A la suite de ces recherches, si l'on considère l'*anthocyane*, c'est-à-dire l'ensemble des pigments rouges, violets ou bleus qui colorent divers organes, nous distinguerons dans cet ensemble : 1° des composés colorés en rouge, violet ou bleu qui ne passent pas dans l'alcool amylique et que Willstätter a appelés *anthocyanines ;* 2° des composés colorés en rouge existant, à l'état libre, dans les organes, passant facilement dans l'alcool amylique et appelés *anthocyanidines ;* 3° des composés jaunâtres qui passent aussi dans l'alcool amylique et qui, par chauffage avec de l'acide chlorhydrique, se transforment en une anthocyanidine. Ces composés sont des *pseudo-bases* que l'on pourrait désigner aussi sous le nom de *leuco-anthocyanidines*.

ANATOMIE. — *Sur l'existence de glandes sympathicotropes dans l'ovaire et le testicule humains ; leurs rapports avec la glande interstitielle du testicule.* Note de M. **L. Berger**, présentée par M. Roux.

Le hile de l'ovaire de la femme adulte contient toujours de petits organes, dont les caractères morphologiques et évolutifs sont en partie ceux des paraganglions, en partie ceux de la glande interstitielle du testicule.

Ces organes sont situés dans les intervalles des vaisseaux du *rete ovarii*. On peut cependant en rencontrer jusque dans le mésovaire ou dans le stroma ovarien.

Leur nombre, leur morphologie et leurs dimensions sont très variables ; parfois réduits à quelques cellules, ils peuvent atteindre jusqu'à 2^{mm} de diamètre. Les uns sont formés par des amas ou files de cellules disposées comme au hasard dans les interstices du tissu conjonctif ou des nerfs, les autres constituent de véritables glandules à structure trabéculaire ou alvéolaire.

Ils méritent d'être rapprochés des organes paraganglionnaires :

a. Par la morphologie de leurs cellules : grandes cellules acidophiles à noyau rond ou fripé, à chromatine finement réticulée, montrant un gros nucléole très distinct. Le protoplasme est granuleux ou grumeleux dans son ensemble, ou bien compact au centre et clair, souvent spumeux, à sa périphérie ; les limites cellulaires sont parfois indécises.

b. Par leurs rapports avec les nerfs : on trouve ces cellules à l'intérieur des nerfs sympathiques, en file ou en amas entre les fibres de Remak, groupées en gaines autour des nerfs ou disposées enfin en travées ou en alvéoles dans les intervalles conjonctifs qui séparent les nerfs. Toutes ces formations sont reliées plus ou moins intimement entre elles et avec les fibres nerveuses.

c. Par leur abondante vascularisation : reliées ou non aux nerfs, les cellules prennent intimement contact avec les capillaires ou les petits vaisseaux. Isolées, elles se rangent le long des capillaires; leurs amas compacts sont pourvus d'un important réseau circulatoire.

d. Par la présence d'un pigment : celui-ci, de couleur brune, donne une réaction négative à l'argent et au ferricyanure de potassium. Il est souvent rassemblé en petits amas arrondis au milieu du protoplasme.

e. Par la présence d'un cristalloïde identique à celui que Stoerk et Haberer [1] ont décrit dans certaines cellules de la médullo-surrénale. Celui-ci est cylindrique ou en forme de massue légèrement incurvée et peut occuper toute la largeur d'une cellule. On en trouve un ou plusieurs.

f. Par la chromaffinité atténuée *d'une partie des cellules.* Ces organes diffèrent cependant des paraganglions classiques :

1° *Par leur formation et leur renouvellement* continuels postembryonnaires.

2° *Par leur polymorphisme* très prononcé.

3° *Par la présence de lipoïdes*, biréfringents et facilement solubles dans l'alcool.

4° *Par une chromoréaction spéciale :* certaines cellules montrent en effet une légère teinte brunâtre naturelle; cette teinte devient beaucoup plus intense après chromatisation. Il y a donc une chromoréaction manifeste, mais non identique à celle classique des paraganglions, où les cellules non chromées sont incolores.

5° Par la présence de véritables *paquets de cristalloïdes* intracellulaires, en tous points identiques à ceux qu'on a l'habitude de voir dans les cellules interstitielles du testicule.

Ces caractères, qui distinguent ces organes des paraganglions connus, les rapprochent en même temps de la glande interstitielle du testicule.

Je les considère comme un tissu spécial non encore identifié, dont

---

[1] Stoerk und Haberer, *Beitrag zur Morphologie des Nebennierenmarkes* (*Arch. f. mikroskopische Anatomie*, t. 72, 1908, p. 481).

l'*ensemble* des caractères ne répond à rien de connu dans l'organisme humain.

Pour tenir compte des rapports intimes des organes avec le sympathique d'une part, des différences avec les paraganglions classiques d'autre part, je les nommerai provisoirement *glandes sympathicotropes du hile de l'ovaire.*

Ayant constaté la constance de ces organes chez la femme, je les ai cherchés et retrouvés chez l'homme.

Ils siègent au niveau des nerfs amyéliniques dirigés vers le testicule et cheminant dans l'albuginée; les nerfs épididymaires en sont dépourvus. Leur aspect est ici en tous points analogue à celui que j'ai décrit dans l'ovaire; amas intranerveux, gaines périneurales, gros amas paranerveux. La morphologie cellulaire en est la même jusque dans les plus petits détails. Ce tissu est donc l'homologue de celui du hile de l'ovaire.

Or, sur certains points, ces amas se continuent directement avec les cellules interstitielles du testicule. On s'aperçoit alors de leur identité morphologique : même noyau, même protoplasme, mêmes cristalloïdes, mêmes variations de structure. Le nombre et l'aspect des éléments paranerveux et des éléments interstitiels proprement dits subissent des variations de même ordre; lorsqu'il y a atrophie des éléments interstitiels, les amas paranerveux diminuent, ils augmentent, s'il y a hyperplasie; à des cellules interstitielles claires, correspondent des cellules sympathicotropes claires; à des cellules interstitielles sombres, à protoplasme compact, des cellules sympathicotropes également sombres et compactes.

Conclusions. — Les organes sympathicotropes du hile de l'ovaire sont les homologues des amas cellulaires localisés dans les nerfs sympathiques du hile testiculaire et de l'albuginée ou au voisinage de ces nerfs. Les amas paranerveux du testicule se continuent avec les éléments interstitiels et suivent toutes leurs variations morphologiques et évolutives. Ils paraissent donc former avec eux un ensemble.

L'hypothèse est permise, et sera contrôlée par des recherches ultérieures, que les glandes sympathicotropes du hile de l'ovaire sont les homologues de la glande interstitielle du testicule; tandis que leur masse considérable dans le testicule gêne l'étude de leur genèse et de leurs rapports, leur petit nombre dans l'ovaire permet de mieux apprécier leur signification. Comme elles ont dans l'ovaire des rapports nerveux singulièrement intimes, tout en possédant certains des attributs d'éléments paraganglionnaires, on peut se demander si la glande interstitielle du testicule ne doit pas elle-même être considérée comme une sorte de paraganglion, une glande sympathicotrope mâle.

BIOLOGIE GÉNÉRALE. — *L'hérédité* sex-linked *chez les Gallinacés. Interprétation fondée sur l'existence de la forme neutre et sur les propriétés de l'hormone ovarienne.* Note de MM. **A. Pézard** et **F. Caridroit**, présentée par M. E.-L. Bouvier.

C'est un fait bien connu en hybridologie que certaines particularités indépendantes des caractères sexuels secondaires se transmettent suivant un mode spécial, lié au sexe. Pour fixer les idées, rappelons à ce sujet l'expérience classique de Morgan et Goodale; ces deux auteurs croisent deux races de volailles, Plymouth Rock barré et Langshan noir. Tous les descendants mâles de la première génération possèdent un plumage barré, quel que soit le sens du croisement (Plymouth barré dominant). Quant aux poulettes, celles qui résultent du croisement mâle barré × femelle noire sont barrées; celles qui proviennent du croisement mâle noir × femelle barrée sont noires; dans les deux cas, elles possèdent le plumage du père et non celui de la mère; de plus, dans le second cas, le principe de la dominance se trouve en défaut. Ce mode de transmission n'est pas exceptionnel chez les Gallinacés : dans le plus grand nombre des croisements effectués entre races pures, les phénomènes se passent de la même façon.

Un certain nombre de généticiens ont fourni de cette hérédité spéciale une explication qui est généralement acceptée. Cette explication est basée sur l'existence du chromosome sexuel et sur l'hypothèse que ce chromosome contient le facteur déterminant le plumage. Si brillante que soit cette manière de voir, elle offre néanmoins quelques points faibles : 1° non seulement la réalité du chromosome sexuel n'est pas acceptée par tous les biologistes, mais encore, la théorie chromosomique du sexe est en désaccord sur certains points avec l'existence d'une forme neutre chez les Gallinacés [expériences de Pézard, Goodale, Zawadowsky ([1])] et avec la double potentialité qui en résulte (expériences de Pézard, Zawadowsky ([1]); 2° à supposer que la théorie chromosomique du sexe soit fondée, il nous paraît illogique *a priori* d'admettre que le chromosome sexuel conditionne *directement* le plumage.

En présence de ces deux objections et étant donnée, d'autre part, la connaissance précise des propriétés de l'hormone ovarienne ([2]), nous avons entrepris depuis 1921 des expériences de croisement.

Comme matériel, nous nous sommes adressés à deux races très éloignées

([1]) Prof. Zawadowsky, *Das Geschlecht und die Entwicklung der Geschlechtsmerkmale* (Imprimerie gouvernementale. Moscou, 1922).

([2]) Pézard, *Transformation expérimentale des caractères sexuels secondaires chez les Gallinacés* (*Comptes rendus*, t. 160, 1915, p. 260).

l'une de l'autre et présentant le maximum de dimorphisme sexuel : Leghorn doré et Dorking. Dans chacune d'elles, le mâle et la femelle diffèrent non seulement par la forme des plumes, mais encore par le pigment. En outre, vu la vogue spéciale dont ces deux races jouissent dans l'aviculture française, il nous était facile de nous procurer des sujets de race pure.

Bien que nos expériences soient loin d'être terminées, nous apportons ici les résultats particulièrement démonstratifs fournis par la première génération.

Faits expérimentaux.

Lignée A :	Lignée B :
Mâle Leghorn × Femelle Dorking.	Mâle Dorking × Femelle Leghorn.

Poussins.

Aspect semblable dans les deux lignées, sans sexualité apparente; tête brun acajou, duvet gris clair, bande longitudinale brune sous le corps, allant du bec à la queue, et bordée de part et d'autre par deux bandes gris sombre. Notons toutefois que la bande brune, continue dans la lignée A, est interrompue sous le cou dans la lignée B ([1]).

Adultes.	*Adultes.*
Coqs : Plumage présentant un mélange de caractères Leghorn et de caractères Dorking.	*Coqs :* Plumage présentant un mélange de caractères Leghorn et de caractères Dorking.
Poules : Plumage *Leghorn pur.*	*Poules :* Plumage *Dorking pur.*

Ainsi les poules nous montrent clairement la transmission *sex-linked*. Quant aux mâles, semblables dans les deux séries, ils mettent en lumière l'absence de dominance ([2]).

Interprétation. — Il est établi par de nombreuses observations que les gamètes portent à la fois les caractères mâles et les caractères femelles de leur race; dans ces conditions la formule génétique des gonades doit être complétée et représentée par deux symboles. En ce qui concerne le plumage des Gallinacés, l'un des symboles correspond au plumage prétendu mâle et *réellement neutre*, l'autre au plumage femelle, celui-ci *dépendant* de l'hormone ovarienne qui seule peut l'extérioriser.

([1]) Nous ne prétendons pas que cette uniformité soit générale dans les croisements entre races de Gallinacés.

([2]) Nous réservons pour une discussion ultérieure d'autres caractères intéressants (cinquième doigt, couleur des pattes, crétillons).

Symbole du Leghorn pur, mâle ou femelle : ● **♀**.
Symbole du Dorking pur, mâle ou femelle : ○ ♀.

Lignée A.

Mâle : ● **♀** × Femelle : ○ ♀.

Poussins : ● **♀** ○ ♀.

Adultes { Coqs : ● **♀** ○ ♀ + Testicule.
Poules : ● **♀** ○ ♀ + Ovaire.

Lignée B.

Mâle : ○ ♀ × Femelle : ● **♀**.

Poussins : ○ ♀ ● **♀**.

Adultes { Coqs : ○ ♀ ● **♀** + Testicule.
Poules : ○ ♀ ● **♀** + Ovaire.

On voit que dans les deux croisements les poussins ont la même constitution héréditaire, ce que confirme *a posteriori* leur uniformité. Quant aux mâles, leur génotype renferme deux symboles femelles qui restent à l'état potentiel vu l'absence d'ovaire, plus deux symboles neutres extériorisables sans condition hormonique; d'où l'identité des deux plumages soi-disant mâles dans les deux lignées.

En ce qui concerne les femelles adultes, la présence de l'ovaire introduit chez elles une action empêchante portant sur les deux symboles neutres et règle ainsi la destinée femelle du plumage. Mais d'autre part, à cette action hormonique générale, l'ovaire ajoute une *action empêchante raciale* bloquant le pigment dans le symbole neutre de la même race et celui-ci seulement; la formule génétique relative au pigment du plumage devient alors ● **♀** (○) ♀ chez les poules hybrides de la lignée A et ○ ♀ (●) **♀** chez les poules hybrides de la lignée B. Dans ces conditions la race paternelle représentée par deux valences l'emporte sur la race maternelle représentée par une seule valence et détermine la couleur de la femelle.

Au surplus, cette théorie se trouve renforcée par cela même qu'elle peut expliquer les résultats de croisements effectués par divers auteurs entre race pure et hybrides de la première génération. Il suffit pour cela de considérer que lors de la formation des gamètes, la dissociation du complexe type ● **♀** ○ ♀ fournit des éléments homogènes de deux sortes ● **♀** et ○ ♀, et que, d'autre part, il y a corrélation exclusive entre l'hormone ovarienne et les facteurs pigmentaires correspondant à l'ovule.

Conclusion. — L'hérédité sex-linked des Gallinacés nous apparaît comme la conséquence d'une hérédité physiologique maternelle directe, qui, en introduisant une action empêchante, permet l'extériorisation du caractère opposé.

BIOLOGIE. — *La distribution des animaux des marais salants dans ses rapports avec la concentration en ions hydrogène.* Note [1] de M. **Alphonse Labbé**, présentée par M. Henneguy.

La manière dont réagissent les êtres vivants aux concentrations du milieu est très complexe. Il y a un rapport étroit entre le comportement osmotique d'une cellule ou d'un organisme et l'état électrique des membranes.

C'est précisément le cas qui se présente dans les divers réservoirs d'une saline, et j'ai été ainsi conduit [2] à déterminer les valeurs de P_H dans les compartiments successifs des salines du Croisic. Ces valeurs m'ont donné une courbe constante et singulière de P_H, qui s'élève progressivement de 8 à 9 et au-dessus, pour redescendre brusquement dans les œillets ou cristallisoirs aux environs de 8.

Cette courbe de P_H est intéressante, car elle éclaire parfaitement la distribution des animaux dans les salines du type de celles du Croisic et de Batz.

Nous trouvons là une *faune halophile* et une *faune halobie* [3].

La première a été remarquablement étudiée par G. Ferronnière [4]. De cette faune disparate, constituée par des individus eurihyalins, résistants, émigrés des eaux marines ou des eaux douces au voisinage, variant naturellement avec les localités, je ne dirai rien. Ce sont des hôtes de passage, transitoires, se répandant partout en hiver lorsque tous les réservoirs ont le même régime ; se réfugiant en été dans les gobiers et la vasière ; s'adaptant tant bien que mal, parfois avec de petites variations individuelles, au milieu plus ou moins salé où ils se sont aventurés.

La limite de cette faune est variable et me paraît caractérisée par le niveau où peuvent persister *Idotea salinarum* Dollf. et *Nereis diversicolor* (gobiers ou premiers fares) pour $P_H = 8,5 - 8,6$.

Mais dès que la courbe de P_H s'élève, les halophiles sont arrêtés à part les larves d'Insectes, telles celles de *Stratiomys chamæleo*, assez cuirassées et assez résistantes pour vivre jusqu'aux œillets, mais qui n'en sont pas moins des halophiles. Nous ne trouvons plus que les êtres vraiment *halobies*, qui ne sont plus des aventuriers de passage, mais des *habitués* du sel, des autochtones. Ces halobies, capables de pouvoir dépasser la courbe de P_H et de progresser dans la série ultime des réservoirs, se sont

---

(1) Séance du 6 novembre 1922.

(2) A. Labbé, *La variation de la concentration en ions hydrogène dans les marais salants* (*Comptes rendus*, t. 175, 1922, p. 843).

(3) Ces termes sont, je crois, de Cuénot (*Genèse des espèces animales*, 2e éd., p. 148).

(4) *Bull. Soc. sc. nat. Ouest France*, t. 1, 2e série, 1901.

cependant *localisés au niveau où* P_{II} *est, pour eux, optimum.* D'où, trois séries, trois étapes, trois étages successivement caractérisés par un Phyllopode célèbre : *Artemia salina* Leach ; un Cilié *Fabrea salina* Henneguy ; une Chlamydomonade *Dunaliella salina* Dunal.

a. Artemia ne se trouve pas tous les ans au Croisic. Cette année, en octobre, j'en ai trouvé une colonie qui commençait son apparition. Elle se trouve dans les fares les plus alcalins, là où la courbe de P_{II} est la plus élevée, entre 8,6 — 9,2 — 8,6, pour 18° à 20° B. Les individus mûrs, ovigères, avaient la forme *arietina,* avec 5 ou 6 soies caudales non pennées; les non mûrs, la forme *milhausenii*, avec 2 ou 3 soies courtes; les jeunes et les jeunes larves, la forme *koppeniana*, à abdomen tronqué. Ce simple fait me paraît résoudre la question si discutée de la transformation spécifique des *Artemia* (Schmankewitsch). On voit, en effet, que la concentration saline et le niveau de P_{II} étant en progression, les œufs ont évolué en tel adulte d'après les conditions du début de l'ontogenèse. C'est l'état *présent* du milieu agissant sur l'œuf qui règle la forme de l'adulte. Je reviendrai d'ailleurs ultérieurement sur cette question.

b. Fabrea salina, décrit pour la première fois par M. Henneguy dans les salines du Croisic [1], représente une deuxième phase de la répartition des halobies. Son optimum est à la descente de la courbe de P_{II}, vers 8,5 à 8,4, dans les adernes où il n'y a plus d'*Artemia* et où il n'y a pas encore de *Dunaliella.* Il faut dire cependant qu'on trouve souvent des individus dans la zone précédente et dans la suivante.

c. Le troisième étage est constitué par la zone à *Dunaliella salina*, dont j'ai récemment décrit l'évolution [2], et dont l'optimum est dans les œillets, pour $P_{II} = 8,4 — 8,3$, c'est-à-dire un peu plus faible que pour *Fabrea.* Ils manquent souvent, pour cette raison, dans les premiers œillets que fréquentent souvent les *Fabrea.* Mais ils peuvent aussi, pour un P_{II} favorable, passer dans la guiffre et les dernières adernes.

Je n'ai pas besoin de dire que ce classement ne saurait avoir une rigueur absolue, puisque tous les compartiments communiquent et que P_{II} y varie constamment. Cependant la succession des niveaux est aussi constante que la courbe de P_{II} et semble nettement *liée à la valeur de* P_{II}. Chaque phase constitue une barrière aux oscillations et aux tropismes des espèces précédentes et suivantes. Chaque variation de P_{II} est suivie de nouvelles oscillations et chaque niveau est stable pour une valeur stable de P_{II}.

L'ascension de la courbe d'alcalinité arrête la faune halophile, et dans les compartiments suivants, les halobies s'étagent suivant leur milieu qui leur convient le mieux. La disparition, en automne, de la plupart des halobies symbolise chaque année l'arrêt de la saline en tant que champ de sel et milieu biologique, puisque, en hiver, ce n'est plus qu'une mare d'eau saumâtre.

---

(1) F. Henneguy, *Ann. Microgr.*, t. 3, 1890, et *C. R. Soc. Biol.*, 1890. Voir aussi : E. Fauré-Fremiet, *Arch. Anat. microsc.*, t. 13, p. 401-499.

(2) A. Labbé, *Comptes rendus*, t. 172, 1921, p. 1074 et 1689.

Ainsi toute la vie du marais salant semble en corrélation directe de la variation en concentration des ions hydrogène. De ceci, je ne voudrais pas que l'on puisse conclure que P_H est le seul facteur en cause. Il faut bien tenir compte de la quantité et de la qualité des sels dissous, de la température, de la viscosité, etc.

Mais P_H est certainement le facteur prépondérant, et l'on ne saurait trop insister sur l'importance de cette notion d'alcalinité ou d'acidité dans les phénomènes biologiques.

PROTISTOLOGIE. — *Sur l'évolution des Infusoires des Lamellibranches. Le genre* Pelecyophrya, *intermédiaire entre les Hypocomidés et les Sphenophryidés. Bourgeonnement et conjugaison.* Note de MM. **Édouard Chatton** et **André Lwoff**, présentée par M. F. Mesnil.

Dans une Note précédente (1), nous avons montré que les Hypocomidés, considérés jusqu'ici comme des Acinétiens néoténiques et vagiles, sont en réalité des Ancistridés, qui, d'inquilins et phorétiques, sont devenus parasites. Il apparaît ainsi que les *Hypocoma* ne sont point de souche péritriche comme les Acinétiens, mais de souche holotriche. Dans la Note présente, nous faisons connaître un nouvel Infusoire des branchies des Lamellibranches, le *Pelecyophrya tapetis* n. gen., n. sp., appartenant à la famille des Sphenophryidés et intermédiaire entre ceux-ci et les Hypocomidés. Par lui les Sphenophryidés, qu'à cause de leur complète immobilité, de l'absence de bouche et de leur multiplication gemmipare, nous avions donnés comme des Acinétiens (2), se trouvent ainsi rattachés aux Hypocomidés et aux Ancistridés, partant aux Holotriches. Nous devrons nous borner ici à une étude objective de cette forme. En revenant plus tard sur la morphologie et le développement des *Sphenophrya*, nous tenterons d'esquisser l'évolution qui a conduit des Holotriches normaux à des formes si modifiées que nous avons pu tout d'abord les considérer comme les plus régressées parmi les Acinétiens.

Pelecyophrya tapetis vit sur le *Tapes aureus* de la région de Roscoff. 18 de ces mollusques sur 41 nous l'ont fourni. Les autres *Tapes* de Roscoff, *T. decussatus*, *T. rhomboides*, *T. pullastra*, ne le montrent point.

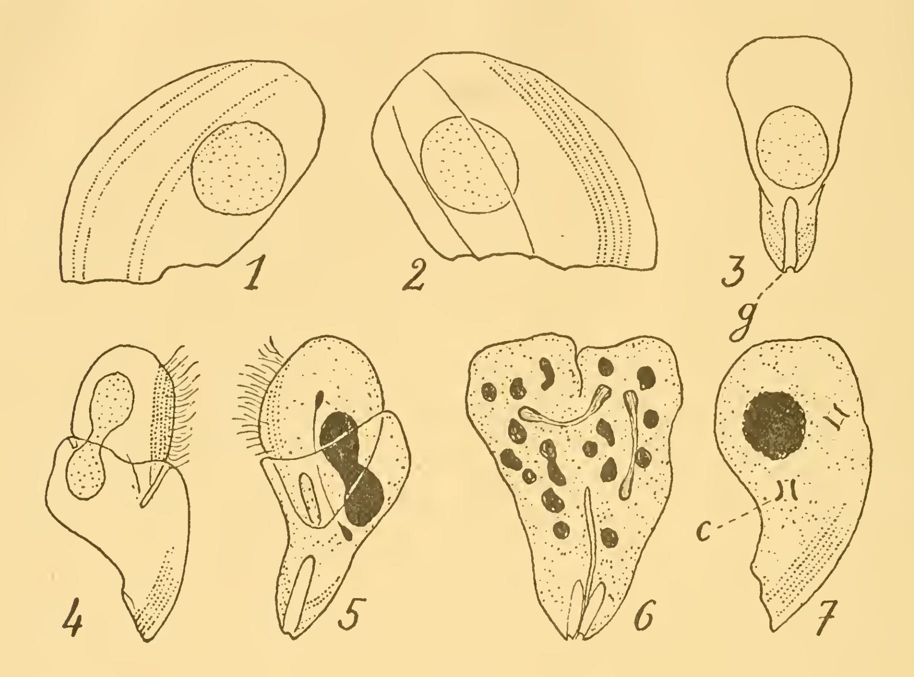
Il est fixé sur les filaments branchiaux, comme les *Sphenophrya*. Il a la forme représentée par les figures 1 (face gauche), 2 (face droite), 3 (face ventrale). On voit qu'il

---

(1) *Comptes rendus*, t. 175, 1922, p. 787.

(2) *Comptes rendus*, t. 173, 1921, p. 1495.

est très comprimé latéralement. Les faces se raccordent les unes aux autres en arrondi, sauf sur le quart de la face dorsale qui confine au pôle postérieur. Là cette face est une arête creusée d'une gouttière (*g*). C'est par cette portion de face que l'infusoire adhère à l'épithélium branchial de l'hôte. Les limites des faces latérales et de la face ventrale sont marquées par des stries, au nombre de cinq sur la face droite, très et également rapprochées, et de quatre sur la face gauche, disposées en deux paires très



écartées l'une de l'autre. Ces stries représentent des lignes d'insertions ciliaires, et dans de très rares individus, elles portent des cils. Normalement cependant, et sans que cela puisse être attribué à une altération, la ciliature fait complètement défaut. La face droite porte, outre cinq stries ciliaires, deux côtes parallèles à celles-ci.

Il n'y a pas trace de tentacules. Nous ne croyons pas pouvoir homologuer à ces organes des formations singulières encore énigmatiques, petits cylindres sidérophiles ouverts aux deux bouts (*fig.* 7 *c*), qui sont situés en plein cytoplasme, dans une position quelconque et que l'on ne peut d'ailleurs mettre en évidence que dans 30 pour 100 environ des individus. Il n'y a pas de vacuole pulsatile. Le macronucléus est bien visible *in vivo*, le micronucléus n'apparaît nettement que lors du bourgeonnement ou de la conjugaison.

La multiplication s'effectue par un mode intermédiaire entre la division binaire transversale banale d'un cilié, et le bourgeonnement externe propre à certains Acinétiens et caractéristique aussi des *Sphenophrya*. Elle débute par une constriction du corps subtransversale, mais cette constriction s'approfondit de telle sorte que le bourgeon tantôt plus petit, tantôt plus gros que la souche, rarement égal à celle-ci, y est en partie contenu, comme un œuf dans son coquetier (*fig.* 4 et 5).

Sa gouttière de fixation et son aire ciliée, précocement apparues, sont orientées et

disposées comme celle de la souche. L'aire ciliée porte toujours des cils. Elle diffère de celle de l'adulte en ce que les systèmes de stries ne sont pas séparés par un champ libre de cils. Ce champ n'apparaît qu'au cours du développement de l'embryon.

La conjugaisòn est partielle comme chez presque tous les ciliés. Les conjugants, égaux ou subégaux, s'accolent d'abord par leurs pôles antérieurs, et se soudent ensuite suivant toute leur longueur. Les phénomènes cytologiques sont difficiles à analyser en raison de la fragmentation précoce du macronucléus en de nombreuses balles chromatiques qui encombrent le cytoplasme et masquent les micronucléi. Ils paraissent d'ailleurs conformes au schéma classique (*fig.* 6). Ces résidus macronucléaires persistent longtemps chez les ex-conjugués. On voit parfois des syzygies de trois individus.

Cet infusoire se montre très proche des *Sphenophrya* par toute son éthologie, par l'absence de suçoir protractile, la persistance des stries ciliaires et parfois des cils à l'état adulte, et enfin par la disposition de ces stries, sur laquelle nous reviendrons d'ailleurs en ce qui concerne les *Sphenophrya*. Il en diffère par l'égalité approximative de taille de la souche et du bourgeon et par la concordance de leurs axes. Mais nous montrerons plus tard que leur non-concordance chez les *Sphenophrya* n'est qu'apparente.

Il se rattache, d'autre part, aux *Hypocomides* par la ciliature du bourgeon en deux champs distincts et à stries ciliaires méridiennes, la position de celui-ci dans l'axe de la souche et le mode de multiplication lui-même qui est autant un bourgeonnement qu'une scissiparité. La gouttière de fixation est peut-être le vestige d'un suçoir. L'absence de celui-ci peut s'expliquer par la nutrition osmotique qui s'effectue par toute la surface du corps aux dépens des matières organiques dissoutes dans l'eau d'irrigation de la cavité palléale.

Confronté avec les *Hypocoma* d'une part, avec les *Sphenophrya* de l'autre, *Pelecyophrya tapetis* nous montre par quel processus et sous quelles influences le bourgeonnement s'est substitué à la scissiparité simple chez les ciliés fixés, que ceux-ci soient ou non des Acinétiens. Et il nous fait penser aussi que, chez ces derniers, le bourgeonnement externe est un mode plus primitif que le bourgeonnement interne.

MÉDECINE EXPÉRIMENTALE. — *Hérisson et virus rabique.* Note de Mme M. Phisalix, présentée par M. E. Bouvier.

Pour savoir s'il existe un rapport fréquent entre l'immunité des espèces animales vis-à-vis des venins et leur résistance au virus rabique, nous avons essayé l'action de ce virus sur le hérisson, *Erinaceus europæus* L.), qui présente une immunité remarquable vis-à-vis des venins, de certaines toxines microbiennes, et des poisons en général.

Le virus employé dans ces expériences est le virus fixe provenant de

l'Institut Pasteur de Paris. Le virus, dilué au $\frac{1}{10}$ dans l'eau salée physiologique stérilisée, a été inoculé à la dose uniforme de 1^{cm^3} dans les muscles de la cuisse de quatre sujets d'âges et de sexes différents.

L'encéphale de chacun des sujets morts a été essayé, quant à son pouvoir de transmettre la rage, sur deux lapins d'un poids voisin de 2000^g, par inoculation intracérébrale.

Comme les hérissons se sont comportés différemment, nous résumerons brièvement pour chacun d'eux les symptômes observés, en suivant l'ordre de date de leur apparition.

Hérisson n° 1, jeune femelle pesant 480^g. — Au seizième jour après l'inoculation du virus fixe, apparaît de l'incoordination motrice, puis de la paralysie des pattes postérieures qui traînent en extension quand le sujet se déplace. Deux jours après, au dix-huitième jour, éclate une violente crise tétaniforme qui dure une heure environ, et qui débute par une cascade de petits cris rauques, étranglés, dus à un état spasmodique du pharynx. Cet état spasmodique gagnera bientôt les autres muscles du corps et persistera jusqu'à la mort. Pendant la crise, le sujet salive beaucoup, et sa gueule se remplit d'écume qui déborde des lèvres, et qu'il essuie à la bordure fourrée de son manteau. Après la crise, le sujet reste frappé d'hémiplégie et se tient couché sur le côté gauche. Sa respiration est accélérée, et il conserve pendant quelques jours son appétit; puis celui-ci disparaît. La paralysie progresse, s'étend aux muscles horripilateurs, de sorte que les piquants sont rabattus sur les téguments. Vers le neuvième jour de cet état, la respiration faible, mais rapide, indique seule que l'animal vit encore. Le sujet meurt au vingt-sixième jour après l'inoculation, ayant perdu le tiers de son poids initial.

Hérisson n° 2, mâle adulte pesant 1000^g. — Au 17e jour, le sujet, qui jusque-là avait augmenté de poids, est pris de spasmes localisés au pharynx, et se répétant plusieurs fois en l'espace de 24 heures, aussi bien la nuit que le jour : comme le sujet n° 1, il pousse chaque fois une série de cris rauques. L'appétit est également conservé. Vers la fin du premier mois se produit une paralysie des muscles de l'appareil génital déterminant l'accumulation puis un écoulement lent et continu par l'urèthre. Il en résulte des lésions irritatives de la face ventrale du corps, des pattes et même du museau, qui cèdent à un traitement approprié. Le sujet semble guéri; ce n'était qu'une rémission, car au début du deuxième mois, l'état s'aggrave, prend une allure adynamique. Le sujet tombe sur le flanc, inerte, les yeux clos, les piquants rabattus et en hypothermie croissante. Comme chez le hérisson précédent, la respiration traduit seule un reste de vie. Il meurt au 65e jour, c'est-à-dire 48 jours après le début des premiers symptômes, et ayant perdu 120^g de son poids initial.

Hérisson n° 3, mâle adulte pesant 905^g. — Au 15e jour, le sujet émet des plaintes : il a de petits tremblements généralisés, une soif vive, buvant souvent et longtemps, l'eau fraîche de préférence au lait. La respiration est accélérée et l'amaigrissement rapide; en un mois, le poids du hérisson est descendu à 720^g. Comme chez le sujet n° 2, il se produit un écoulement continu par l'urèthre, et c'est là le seul phénomène paralytique que présentera le hérisson pendant la longue évolution de sa maladie.

Dans une deuxième période qui dure un mois environ, l'état s'améliore; le poids remonte au voisinage de son poids initial; le sujet semble presque guéri; ce n'était qu'une rémission; en effet, les symptômes du début réapparaissent et s'aggravent pendant 2 mois et demi. Le sujet meurt cachectique au 142e jour après l'apparition des premiers symptômes, et 5 mois après l'inoculation de virus fixe, ayant perdu, à 30^{g} près, la moitié de son poids initial, c'est-à-dire dans un état de *cachexie profonde*.

Hérisson n° 4, jeune femelle pesant 536^{g}. — Pendant tout le premier mois qui suit l'inoculation, le poids du sujet reste stationnaire, puis il augmente régulièrement. Au 84e jour après l'inoculation de virus fixe, le sujet présente, pendant une demi-journée seulement, de l'incoordination et de paralysie des pattes postérieures, qui traînent en arrière et en extension. Puis il redevient normal, continue de s'accroître, de sorte qu'à la fin de la 15e semaine, son poids s'est élevé à 1070^{g}. Ce hérisson est depuis 18 mois d'observation encore bien portant.

Ainsi chez nos 4 sujets, l'inoculation de virus fixe a déterminé une affection d'allure assez polymorphe et dont la gravité semble indépendante de leur âge et de leur sexe.

La plupart des symptômes présentés par l'un ou l'autre de nos hérissons, *paralysie progressive à début postérieur*, *longue évolution de la maladie avec périodes de rémission*, *accélération respiratoire*, *amaigrissement*, etc., ont été signalés dès 1905 par M. Carlos França, qui a expérimenté sur une vingtaine de hérissons, et plus, avec le virus des rues de provenances diverses (rat, chien, homme). De plus M. França, a pu faire des passages au lapin en lui inoculant dans le cerveau l'émulsion de bulle des hérissons ayant succombé (durée de l'incubation 13-20 jours).

Il a également observé des lésions des centres nerveux et du ganglion plexiforme, dont la seule constante était le gonflement intense des neurofibrilles, et rarement la présence de corps de Negri.

Les hérissons ayant présenté les lésions et les symptômes sus-indiqués sont manifestement morts de la rage.

Mais à propos de ces symptômes, nous avons noté quelques différences qui montrent le polymorphisme de l'affection due au virus fixe. C'est ainsi que :

1° La *durée de l'incubation* s'est montrée plus courte (15-17 jours) chez les sujets qui ont succombé au virus fixe que chez ceux qui ont reçu le virus des rues (25 à 31 jours), et aussi plus constante, si l'on en excepte le cas où le sujet a guéri, et où elle a été voisine de 3 mois;

2° *Aucune agressivité* n'a été observée chez les hérissons malades vis-à-vis de leurs congénères ou des personnes qui les soignaient;

3° L'*évolution* s'est 1 fois sur 4 montrée continue;

4° Les *phénomènes paralytiques* ont été, chez le hérisson n° 3, localisés aux muscles de l'appareil génital;

5° Les *phénomènes spasmodiques*, le plus souvent limités au pharynx, quelquefois aux pattes, se sont généralisés chez le hérisson n° 1 et ont été précédés d'une violente *crise tétaniforme*, non encore observée;

6° Enfin, nous n'avons pas réussi à transmettre la rage au lapin par inoculation intracérébrale de l'émulsion de bulbe des hérissons morts (émulsion au $\frac{1}{10}$ à la dose de $0^{cm^3},5$). Et ces lapins, d'un poids voisin de 2000^g, et au nombre de 2 par hérisson, n'avaient pas d'immunité naturelle vis-à-vis du virus fixe, car éprouvés par la même voie 6 semaines après la première inoculation, 5 sur 6 ont contracté la rage dans les délais réglementaires, le sixième n'ayant présenté que des troubles trophiques.

Conclusions. — Si l'on considére la longue évolution habituelle de la maladie, déterminée par le virus fixe ou celui des rues, les périodes de rémission qu'elle est susceptible de présenter, la guérison spontanée qui peut survenir (dans 8 cas sur 12 d'après M. França, 1 sur 4 dans nos essais), enfin l'inconstance avec laquelle l'encéphale des hérissons morts de rage peut transmettre la rage au lapin, on doit reconnaître que l'organisme du hérisson, s'il ne jouit pas d'une haute immunité, se défend néanmoins assez bien, et qu'il semble capable de détruire, ou tout au moins d'atténuer, le virus rabique. Des expériences en cours d'exécution éclairciront probablement ce dernier point.

La séance est levée à 16 heures et demie.

É. P.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 20 NOVEMBRE 1922.

PRÉSIDENCE DE M. ÉMILE BERTIN.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Président** annonce à l'Académie la perte douloureuse qu'elle vient de faire en la personne de M. **G. Lemoine** et prononce quelques mots sur notre regretté Confrère.

A la suite de M. le Président, M. **A. Haller** prend la parole pour résumer l'œuvre de M. **G. Lemoine** :

Dans les doubles fonctions de professeur de Chimie à l'École Polytechnique et d'ingénieur, puis d'inspecteur général des ponts et chaussées, fonctions qu'il a exercées au cours de sa longue et laborieuse carrière, notre regretté confrère s'est attaché à mener de front des recherches sur différents sujets de chimie et des études ayant un rapport direct avec les services publics dont il était chargé.

Ses premiers travaux ont porté sur le sesquisulfure de phosphore qu'il a obtenu à l'état cristallisé. Ils l'ont conduit à étudier les sulfoxyphophites et à trouver que ces derniers composés ont un édifice moléculaire aussi complexe que celui des composés organiques; les caractères des sulfures s'y trouvent en effet entièrement dissimulés. Resté une curiosité de laboratoire jusqu'en 1898, le sesquisulfure de phosphore est employé actuellement pour la fabrication des allumettes, au lieu et place du phosphore ordinaire, qui donnait lieu à de fréquentes intoxications.

Ces recherches ont été suivies d'une étude très précise sur la transformation allotropique du phosphore, qu'il a comparée à une véritable dissociation. Il a montré, plus tard, qu'il en était de même de la transformation du styrolène en métastyrolène.

Ne quittant pas ce domaine, si captivant à l'époque, de la dissociation, M. Lemoine a fait connaître, de 1874 à 1877, les lois de l'équilibre chimique entre l'hydrogène et les vapeurs d'iode. Comme il l'écrit fort justement, « c'est un type très net de la dissociation dans les systèmes homogènes gazeux ». Il a complété cette étude quelques années après par celle de la dissociation de la vapeur du bromhydrate d'amylène sous de faibles pressions.

En 1881, M. Lemoine a coordonné l'état de nos connaissances sur les *équilibres chimiques* dans un ouvrage spécial qui fait partie de l'*Encyclopédie chimique* de Frémy.

L'activité scientifique de notre confrère ne s'est pas bornée à la question de la dissociation. Au cours de ses études sur l'acide iodhydrique, son attention fut attirée par l'action de la lumière sur les molécules chimiques. Il entreprit dès lors ses recherches sur le mélange de dissolutions d'acide oxalique et de chlorure ferrique. Lentement décomposé par la chaleur à l'obscurité, ce mélange est vivement impressionné à froid par la lumière, en donnant une réaction irréversible. Dans ces dernières années (1916-1921) il étudia, dans le même ordre d'idées, l'action de l'acide iodique sur le même acide oxalique et publia plusieurs Notes sur la catalyse de l'eau oxygénée par les oxydes et par le charbon.

Indépendamment de ces études de dynamique chimique, M. Lemoine s'est également occupé de recherches sur les solutions salines, sur la comparaison de diverses propriétés physiques des chlorhydrates des méthylamines et des éthylamines, auxquelles il faut ajouter une étude sur les hydrocarbures et les alcools dérivés des pétroles d'Amérique.

Notre regretté confrère a déployé les mêmes qualités d'homme sagace et consciencieux dans ses fonctions d'ingénieur. Les *Comptes rendus de l'Académie des Sciences*, les *Annales des Ponts et Chaussées*, l'*Annuaire de la Société de Météorologie*, les *Annales de Géographie*, renferment de nombreux Mémoires et Notes où sont résumées des observations sur l'hydrologie, depuis l'année 1866 jusqu'à nos jours.

Partisan convaincu et fidèle de la recherche pour elle-même, de la recherche désintéressée, M. G. Lemoine a montré que, tout en pratiquant le culte de la science pure, son esprit restait ouvert aux contingences journalières de son importante tâche d'ingénieur.

Cette dualité assure à sa mémoire la pérennité, et dans les annales de la Chimie française et dans le corps distingué auquel il a appartenu.

MÉCANIQUE. — *Gravitation einsteinienne et gravitation newtonienne ; à propos d'une récente Note de M. Le Roux* (¹). Note de M. **Marcel Brillouin.**

Tout le monde sait que la théorie de la gravitation d'Einstein comprend comme première approximation celle de Newton. La Note de M. Le Roux montre qu'il est néanmoins utile de le rappeler.

Les dix potentiels d'Einstein $g_{\mu\nu}$ contiennent non seulement les coordonnées x_μ du point de l'espace autour duquel ils définissent le ds^2, mais aussi, contrairement à la singulière affirmation de M. Le Roux (p. 810, lignes 21-27), les coordonnées ξ de tous les points singuliers de l'espace, c'est-à-dire de tous les points où se trouve une masse attirante, fixe ou mobile, ainsi que la grandeur de chacune de ces masses. Lorsque ces masses sont mobiles, sous leurs seules influences mutuelles, on est forcé d'étudier *à la fois* les mouvements de toutes ces masses, c'est-à-dire de traiter le problème des n corps soit sous sa forme rigoureuse, lorsqu'on saura former exactement les $g_{\mu\nu}$ d'un espace-temps contenant n corps mobiles, en fonction des quatre coordonnées ξ de chacun de ces corps, soit approximativement à la façon d'un problème de perturbations.

Au premier ordre, à cause de la grandeur de la vitesse de la lumière, le seul potentiel qui diffère de celui d'un espace euclidien est le coefficient de dt^2, g_{44}, qui, *à cet ordre d'approximation*, obéit à l'équation de Poisson, se forme comme en théorie newtonienne et fournit toutes les perturbations classiques (²).

Les critiques de M. Le Roux sont dépourvues de tout fondement.

(¹) *Sur la gravitation dans la Mécanique classique et dans la théorie d'Einstein* (*Comptes rendus*, t. 175, 1922, p. 809).

(²) Einstein, *Die Grundlage der allgemeinen Relativitätstheorie*, § 21, p. 57. Leipzig, 1916, J.-A. Barth. — *Vier Vorlesungen über Relativitätstheorie*, gehalten in Mai 1921 an der Universität Princeton. Wieweg, 1922; en particulier, 4ᵉ leçon, p. 51-70. — Eddington (traduit par Rossignol), *Exposé théorique de la Relativité généralisée*, Sect. III et IV; en particulier § 41, 42, 43. — Jean Becquerel, *Le principe de relativité et la théorie de la gravitation*, Chap. XIV, Sect. II et III; en particulier § 86, 87, 88. — De Donder, *La gravifique*. — Marcolongo, *Relatività*. — Whitehead, *The Principle of Relativity with applications to Physical Science*, Chap. XVII. Cambr. Univ. Press., 1922. *The Moon's Motion* (*Lune*, *Terre, Soleil*), p. 132-136.

GÉOLOGIE. — *Sur la structure des Alpes orientales : fenêtre des Tauern et zone des racines.* Note de M. PIERRE TERMIER.

Dix-neuf ans déjà se sont écoulés depuis que j'ai montré, ici même, combien la structure des Alpes orientales paraît simple et devient claire dès qu'on l'explique par la superposition de grandes nappes, toutes venues du Sud et fuyant vers le Nord. « Il suffit, disais-je en 1903, d'admettre que la *Schieferhülle* des Hohen Tauern est un paquet d'écailles, ou de nappes, dans les déchirures duquel affleurent les massifs granito-gneissiques. Si l'on admet cette première conclusion, pour moi nécessaire et évidente, la lumière se fait partout, la *Zentralzone* sort du chaos, la liaison des Alpes orientales et des Alpes suisses est manifeste. C'est comme si, sur la chaîne entière des Alpes, le brouillard se dissipait tout à coup ([1]). » Et voici quels étaient, d'ores et déjà, les grands traits de la synthèse. Dans la Basse-Engadine, une longue et étroite *fenêtre*, ouverte dans le paquet des nappes, laissait apercevoir les *Schistes Lustrés*, prolongement de ceux des Grisons qui se rattachent eux-mêmes, par les Alpes Pennines, aux Schistes Lustrés des Alpes franco-italiennes. Les Hohen Tauern correspondaient à une autre fenêtre, bien plus vaste, où l'on retrouvait les Schistes Lustrés et, sous eux, crevant leur *carapace*, des nappes de Trias et de *Zentralgneis*. Les Alpes calcaires septentrionales, dont mes amis Haug et Lugeon venaient de montrer la complexité tectonique, s'avéraient comme un immense lambeau de recouvrement, long de 450^{km}, ayant ses racines au sud des Tauern, dans la zone de la Drave et de la Gail. Les Dinarides, enfin, étaient montées sur les Alpes, et c'était leur avancée sur le pays alpin, *en traîneau écraseur*, qui avait déterminé le couchage vers le Nord des plis des Alpes et leur transformation en des nappes à long cheminement ([2]). Un an plus tard (1904), après un deuxième voyage en Tyrol, je précisais l'esquisse et montrais que, de la Valteline au Brenner, la structure des Alpes orientales s'ordonnait suivant le plan tracé. L'hypothèse ou la théorie des grandes nappes (Deckenbau), d'où M. Lugeon avait tiré, en 1902, la synthèse des Alpes suisses, s'étendait magnifiquement à toute la chaîne alpine ([3]).

([1]) PIERRE TERMIER, *Comptes rendus*, t. 137, 1903, p. 939.

([2]) PIERRE TERMIER, *Les nappes des Alpes orientales et la synthèse des Alpes* (*Bull. Soc. Géol. de Fr.*, 4e série, t. 3, p. 712-765).

([3]) PIERRE TERMIER, *Comptes rendus*, t. 139, 1904, p. 578, 617, 648, 687, 754. — *Les Alpes entre le Brenner et la Valteline* (*Bull. Soc. Géol. de France*, 4e série, t. 5, p. 209-289).

En effet, quand je retournai dans les Alpes orientales en 1912 pour prendre part à l'excursion de la Geologische Vereinigung, la théorie du Deckenbau était devenue classique en Allemagne et en Autriche (¹), tout aussi bien qu'en Suisse et en France. L'opposition, longtemps bruyante, s'était tue. Eduard Suess vint tout exprès de Hongrie à Innsbruck pour affirmer devant nous, bien plus clairement et formellement qu'il ne l'avait fait, trois ans plus tôt, dans l'*Antlitz der Erde*, son adhésion entière. On ne discutait plus que sur les détails de la structure (²).

Mais, après la mort d'Eduard Suess survenue en avril 1914, l'opposition se réveilla et une réaction assez vive se manifesta, en Autriche et en Allemagne, contre le Deckenbau. Comme il arrive toujours, les adversaires de la théorie ont exploité contre elle les erreurs de détail, inévitables, de ses protagonistes. Ils ne nient pas l'existence des *recouvrements* (ce qui serait bien impossible), mais ils se refusent à leur donner une seule et même origine, un seul et même âge, une seule et même direction de transport. Ils persistent à croire que les Alpes orientales sont un pays spécial, très différent des Alpes suisses, et que le Deckenbau, désormais incontestable, de ces dernières, ne s'y prolonge pas. Les nappes des Alpes calcaires septentrionales, que M. Haug a si bien définies, ils les enracinent dans la *Grauwackenzone*, c'est-à-dire au nord des Tauern, et non pas dans la zone de la Drave et de la Gail. Ils enchaînent la *Schieferhülle* des Hohen Tauern au *Zentralgneis*, au nom de l'observation pétrographique, en attribuant à une même cause locale le métamorphisme de l'une et de l'autre. Quelques-uns ont fait grand bruit de la découverte d'un polypier paléozoïque dans un calcaire qui leur semblait l'équivalent du *Hochstegenkalk* de la Schieferhülle, comme si la seule démonstration de l'existence de terrains primaires au sein de cette Schieferhülle avait dû suffire à ruiner la théorie des grandes nappes. Mais, vérification faite, le gisement en question est compris dans la Grauwackenzone et non pas dans la Schieferhülle, et l'argument tombe. En somme, les adversaires de la théorie n'ont soulevé contre elle aucune objection grave; et leurs motifs de douter sont des sentiments plutôt que des raisons.

Par contre, la théorie des grandes nappes a en Autriche des défenseurs habiles, courageux, infatigables, au premier rang desquels se place le Professeur Léopold Kober, de l'Université de Vienne. Deux découvertes

---

(¹) Grâce surtout à l'enseignement des professeurs Steinmann (de Bonn) et Uhlig (de Vienne) et aux travaux de leurs élèves.

(²) Pierre Termier, *Comptes rendus*, t. 155, 1912, p. 602-607 et 679-684.

importantes se sont ajoutées l'année dernière aux très nombreux faits déjà connus qui rendaient le Deckenbau évident : elles sont entièrement conformes à ce que la théorie laissait prévoir. Le Professeur A. Tornquist a découvert dans la Zentralzone, entre la vallée de la Mur et la Preberspitze, une nouvelle fenêtre qui crève la carapace de micaschistes et de gneiss et montre, sous cette carapace, des terrains mésozoïques, prolongeant ceux des Hohen Tauern. Plus au Sud, en Carinthie, dans le haut Loibengraben, non loin du Kaiserstuhl, M. K. Holdhaus a trouvé des fossiles triasiques dans des calcaires jusqu'ici considérés comme primaires, calcaires qui forment, au sein de la carapace des Niederen Tauern, une *lame* intercalée entre les micaschistes du Katschberg et le Carbonifère de la Stangalpe. D'autre part, les travaux des géologues suisses (de M. Rudolf Staub surtout) et de M. H. P. Cornelius dans les Grisons, dans l'Engadine, et dans les montagnes entre Engadine et Allgäu, démontrent, un peu mieux chaque année, qu'il n'y a pas de démarcation entre Alpes orientales et Alpes centrales, que les unes et les autres ont la même structure, que ma « fenêtre de la Basse-Engadine » est bien réellement une fenêtre, et que les nappes des Alpes calcaires septentrionales, au nord de cette fenêtre, sont des replis ou digitations multiples de la nappe de la Silvretta (oberostalpine Decke), laquelle s'enracine tout au Sud, dans la zone du Tonale. Les admirables *Profile durch die westlichen Ostalpen*, publiés en 1921 par M. Rudolf Staub, ne permettent plus aucun doute. Le Deckenbau des Grisons ne s'arrête point à la frontière suisse. Le voici qui s'étend à l'Ortler et à la haute Adige. Le triomphe définitif de la théorie est désormais certain.

Grâce à la mission d'études qui m'a été accordée par M. le Ministre de l'Instruction publique, j'ai pu, au cours du dernier été, revoir les Alpes orientales, y faire quelques observations nouvelles et conférer sur leur structure avec les meilleurs connaisseurs de ces Alpes. Mes compagnons de courses ont été, successivement ou simultanément, Mme Marta Cornelius-Furlani et MM. Leopold Kober, Rudolf Staub, Joos Cadisch, Hermann Eugster, Fritz Frei. J'ai aussi largement profité de mes conversations, à Sterzing, avec M. Bruno Sander.

A l'exemple de M. R. Staub, j'appellerai dorénavant *pennines* (en allemand *penninisch*) les nappes des Grisons dans lesquelles le Mésozoïque, à partir du Trias supérieur, est à l'état de *Schistes Lustrés* (*Kalkglimmerschiefer* ou *Kalkphyllite*) et dans lesquelles le Trias moyen et inférieur est lui-même cristallin et tout au moins semi-métamorphique (quartzites, marbres phylliteux, marbres et dolomies). Cet ensemble (*Penninikum* de

M. R. Staub) se rattache aux nappes des Alpes Pennines définies et décrites par M. Émile Argand, prolongées elles-mêmes, chez nous, par les nappes du Piémont, du Briançonnais et des Aiguilles-d'Arves. L'adjectif *lépontin* dont je me suis servi autrefois, après Eduard Suess, pour désigner ledit ensemble, doit être abandonné parce qu'il n'a jamais eu de définition très précise. J'appellerai *austro-alpin* ce que MM. Kober et Staub désignent par l'adjectif allemand *ostalpin*, et *superalpin* ce que M. Kober appelle *hochalpin*. Cela posé, voici où nous en sommes, quant à la connaissance de la structure. Je ne donne ici que les résultats qui nous paraissent acquis définitivement.

Fenêtre des Tauern (*Tauernfenster*). — C'est la déchirure, longue d'environ 170^{km} et large de 30^{km}, qui va de Sterzing au Katschberg et de laquelle surgit, en voûte élancée, le système des nappes pennines, entouré de tous côtés par les nappes austro-alpines. La distinction du Pennin et de l'Austro-alpin est facile, et l'on ne peut pas hésiter dans le tracé du bord de la fenêtre, le long duquel, presque partout, le Pennin plonge sous l'Austro-alpin. La partie Sud de ce bord correspond à peu près à la racine de la nappe pennine la plus haute; je dis à peu près, parce que cette racine est certainement complexe, à indentations multiples, et qu'elle s'engage *très profondément* sous le pays de *vieux gneiss* qui lui fait suite au Sud. Les nappes pennines ainsi ployées en une haute voûte forment la chaîne des Hohen Tauern. *Leurs terrains ressemblent, à s'y méprendre, à ceux des Alpes Pennines :* mêmes *schistes lustrés*, mêmes *roches vertes*, même Trias très cristallin, mêmes micaschistes, mêmes gneiss passant aux mêmes granites, même parfaite concordance de tous les termes stratifiés. Il y a plusieurs nappes pennines superposées (L. Kober) : la plus profonde est celle de l'Ankogel; puis viennent, en montant, celles du Hochalm, du Sonnblick, du Modereck; ces quatre nappes contiennent du *Zentralgneis* ou du granite, des quartzites, marbres et dolomies probablement triasiques, enfin des *schistes lustrés* avec *roches vertes*. M. R. Staub pense que la nappe du Hochalm, qui comprend aussi le massif du Gross-Venediger, correspond à la nappe du Mont-Rose (E. Argand); et que l'ensemble Sonnblick-Modereck, qui comprend le massif du Gross-Glockner, correspond à la Margna-Decke des Grisons et à la nappe de la Dent-Blanche (E. Argand). Enfin, le paquet des nappes pennines se termine par une nappe supérieure, fortement repliée sur elle-même et très laminée, qui affleure tout le long du bord de la fenêtre : on y voit surtout du Trias très cristallin à faciès Vanoise; c'est la *penninisch-ostalpine Mischzone* de M. L. Kober; je suis

d'accord avec M. R. Staub pour y voir une nappe spéciale, à laquelle nous rattachons les écailles répétées du *Matreierzug* près de Windisch-Matrei, les lentilles de Trias éparses dans les micaschistes au Katschberg, les écailles multiples du Speiereck près de Mauterndorf, et aussi le Trias qui, à Mairhofen, au Brenner, à la Weisspitze, à Gossensass, à Ried, à Sterzing, à Thuins, à Schmuders, à Sprechenstein, repose directement sur les Schistes Lustrés. Cette nappe aux replis multiples a les faciès des Schamserdecken des Grisons.

Zone des racines (*Wurzelregion*). — Entre le bord Sud de la fenêtre des Tauern et le bord Nord des Dinarides, court, de l'Ouest à l'Est, une bande de 15^{km} à 40^{km} de largeur qui est une zone de racines. Les gneiss y dominent (*vieux gneiss*), le plus souvent verticaux; on y voit aussi deux grands massifs granodioritiques et plusieurs petits, une masse immense de micaschistes et chloritoschistes quartzeux (Pustertaler Phyllit), des terrains primaires, enfin des témoins de terrains secondaires (Trias et Jurassique). Ces derniers se présentent à l'Ouest en lambeaux étroits et discontinus, jalonnant deux lignes grossièrement parallèles (ligne Mauls-Kalkstein et ligne Bruneck-Winebach); plus à l'Est, ils forment une bande continue et relativement large qui est le Drauzug, prolongé par les Alpes calcaires de la Gail, puis par les Karawanken. Les terrains secondaires en question sont très redressés, souvent verticaux. Quand ils plongent, c'est habituellement vers le Sud. Ils sont plissés en plis serrés et aigus. Tout l'ensemble a les caractères d'un pays de racines, mais de racines complexes, zigzaguées, à indentations multipliées.

Le Trias de Mauls se poursuit au Sud-Ouest par la bande triasique du Zinseler, du Hühnerspiel et du Weisshorn (Marta Cornelius-Furlani). Nul doute qu'il ne se continue plus loin par la racine même de la nappe de l'Ortler, et plus loin encore par le Trias de Dubino, près de la pointe Nord du lac de Côme (R. Staub). Il est donc un témoin de la racine de la *nappe austro-alpine moyenne* (mittelostalpine Decke ou Campo Decke de R. Staub), nappe qui comprend l'Ortler et les Engadiner Dolomiten. Le prolongement oriental du même pli est marqué par le Trias de Kalkstein. Le pays de *vieux gneiss* situé plus au Nord est le lieu d'enracinement de la *nappe austro-alpine inférieure*; on n'y voit malheureusement aucun témoin de Secondaire.

Le massif granodioritique des Iffinger, souvent appelé incorrectement *Brixenermasse*, n'est pas un massif jeune à la façon des massifs de Bergell et de l'Adamello. Des mylonites de la granodiorite qui le compose

s'observent, à Mauls, tout contre le Trias; des zones d'écrasement le traversent, parallèles au pli de Mauls; enfin, dans les gorges de l'Eisack, on voit nettement la granodiorite se diviser en très gros bancs parallèles qui accusent une disposition isoclinale, couchée vers le Nord. *Cette granodiorite est donc une roche ancienne, d'âge primaire; elle a été passive dans l'orogénie alpine.* Le prolongement vers l'Ouest du synclinal Winebach-Bruneck et du Drauzug passait au-dessus d'elle. Le massif des Iffinger appartient certainement au pays de racines.

Le Drauzug, connu depuis longtemps dans ses grands traits par les travaux de M. G. Geyer, a été analysé récemment avec beaucoup de soin par Mme Marta Cornelius-Furlani. Le synclinal Bruneck-Winebach, caché à l'est d'Erlach sous les alluvions de la Drave, se poursuit, plus à l'Est, par l'un des très nombreux plis du Drauzug, et non par le plus septentrional. Dans les hautes montagnes qui dominent Lienz au Sud (Lienzerdolomiten), les plis les plus septentrionaux du Drauzug se prolongent, à l'Ouest comme à l'Est, en pays de gneiss, sans témoins de Trias. *Il n'y a aucune faille le long de la vallée de la Drave.* Il y a seulement, sur le méridien de Lienz, un abaissement de tout le faisceau des racines, ayant comme conséquence l'élargissement de la bande de terrains secondaires.

Il n'y a pas non plus de faille le long de la vallée de la Gail. Le faisceau de racines, courant vers Est-Sud-Est, coupe cette vallée sous un angle très aigu, passe sur sa rive droite, est tranché en cluse par les gorges du Gailitz et se poursuit par la chaîne des Karawanken, en reprenant peu à peu la direction Est. On le suit ainsi, par le Hochobir, jusqu'au Bachergebirge, au delà duquel il disparaît sous les plaines. Mais, plus on va vers l'Est et plus l'on voit le faisceau *se coucher vers le Nord :* dans le Drauzug, il était formé de plis verticaux ou presque verticaux; dans les Karawanken et le Hochobir, c'est une série isoclinale plongeant au Sud sous un angle moyen d'une quarantaine de degrés. Ce déversement vers le Nord annonce la naissance du pays de nappes. Le massif du Dobratsch, à l'ouest de Villach, où le Secondaire est presque horizontal, n'appartient déjà plus au pays de racines.

Dans toute la zone de racines, les terrains secondaires ont les faciès des Alpes calcaires septentrionales. De Bruneck, à l'Ouest, au Bachergebirge à l'Est, ce faisceau de plis est la racine multiple de la *nappe austro-alpine supérieure*, elle-même complexe (oberostalpinen Decken de L. Kober, Lechtal Decke et Inntal-Wetterstein Decke des géologues autrichiens et allemands; nappe de Bavière, d'Émile Haug).

OCÉANOGRAPHIE. — *Distribution géographique de quelques coraux abyssaux dans les mers occidentales européennes.* Note de M. L. Joubin.

L'accroissement de la puissance des navires utilisés pour la pêche dans ces dernières années a déterminé une extension correspondante de l'aire exploitée. Des engins plus grands, fonctionnant plus loin des côtes, à des profondeurs de plusieurs centaines de mètres, permettent de capturer nombre de poissons qui ne s'aventurent pas dans la zone littorale du plateau continental d'une profondeur inférieure à 200^m. Mais dans cette faune abyssale, il ne s'est pas rencontré que des proies utiles ; il s'y est présenté des difficultés de diverse nature et inattendues ; des coraux arborescents, notamment, causent un préjudice considérable aux engins de pêche.

Ces coraux, qui passaient pour très rares dans nos mers parce que, seuls, les naturalistes avaient l'occasion de les rencontrer au cours de leurs croisières d'études, sont au contraire assez abondants pour constituer des amas où les chaluts viennent s'accrocher ; ils s'y déchirent et souvent même ils y restent ; le moindre mal qui leur arrive est de se remplir de plusieurs tonnes de branches cassées, ce qui les empêche de fonctionner.

J'ai pensé qu'il serait utile de rechercher dans les parages fréquentés par nos chalutiers la répartition de ces coraux, et de dresser une carte qui servirait d'abord à les éviter et fournirait aussi une indication sur la zoo-géographie de ces animaux encore très mal connue.

J'ai limité cette étude aux espèces rameuses suivantes : *Lophohelia prolifera*, *Amphihelia oculata*, *Dendrophyllia cornigera* et *D. ramea*. Les deux premières, très fréquentes dans les eaux norvégiennes, s'étendent au Sud au delà du Maroc ; les pêcheurs français les nomment *corail blanc* ; les deux autres, plus rares, sont nommées *corail jaune*. Ces quatre coraux forment des colonies ramifiées, d'un calcaire très dur, qui, par leur bourgeonnement, constituent, probablement après de nombreuses années, de véritables buissons ; certains d'entre eux atteignent près de 2^m de haut. Ces groupements ne couvrent pas de grands espaces continus ; ils forment plutôt des taches séparées par des plages vaseuses ; elles sont assez fréquentes et l'on pourrait les comparer à des bosquets d'arbrisseaux dispersés dans une grande plaine. Ces coraux diffèrent beaucoup, tant par leurs espèces que par leur biologie, de ceux qui construisent des récifs dans les eaux chaudes superficielles des mers tropicales.

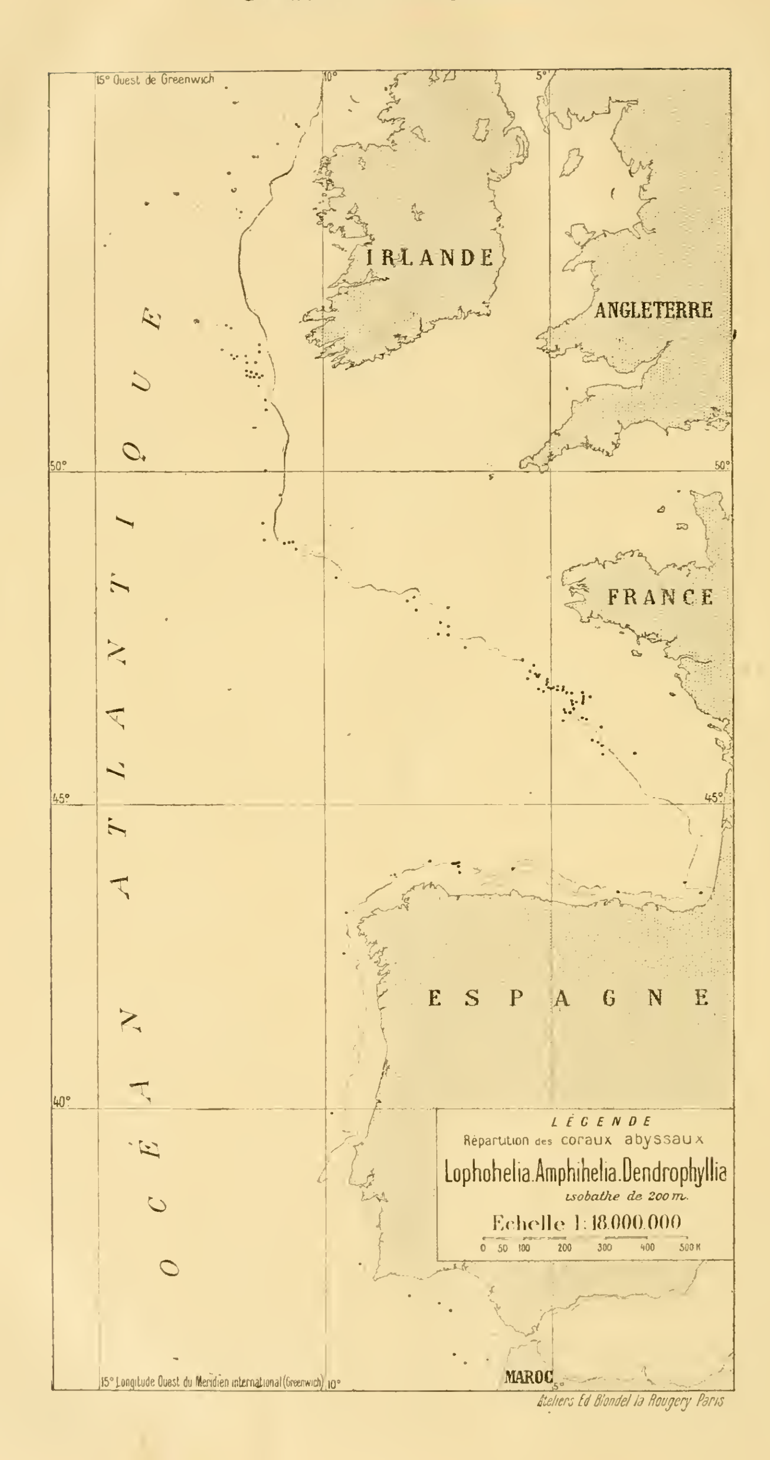
Des animaux spéciaux affectionnent ces buissons coralliaires; c'est là que sont abondamment capturés les crustacés vendus à Paris sous le nom de langoustines (*Nephrops norvegicus*) qui étaient, il y a peu de temps, inconnus sur les marchés. Nous y avons capturé en assez grand nombre une fort belle langouste, qui jusqu'à présent était à peine connue des zoologistes.

J'ai repéré aussi exactement que possible ces bancs de coraux profonds en utilisant d'abord les indications fournies par les croisières, notamment en France par celles du *Travailleur* et du *Talisman*, des navires du Prince Albert de Monaco, du *Caudan*, du *Pourquoi-Pas* sous les ordres du commandant Charcot. Dans les cartes de pêche dressées par M. Le Danois et dans les cartes hydrographiques anglaises j'ai trouvé de bonnes indications. Mais c'est surtout par l'accomplissement du programme d'études que j'ai tracé pour les croisières du navire de l'Office scientifique des Pêches, *La Tanche*, sous les ordres du commandant Rallier du Baty, que j'ai pu réunir de nombreuses indications précises. D'autre part, j'ai remis à un certain nombre de capitaines de chalutiers des fiches de pêche qu'ils ont remplies à chaque sortie. C'est à Lorient et surtout à la Rochelle que j'ai obtenu de bons renseignements collationnés par M. Belloc, naturaliste des pêches.

De ces diverses sources j'ai retenu 114 gisements qui m'ont permis d'établir la carte dont une réduction est reproduite ci-après. Sur la carte complète chacune des stations porte un numéro renvoyant à une liste où sont inscrites la latitude, la longitude et la profondeur. Chaque point indique un gisement de coraux depuis le milieu de l'Irlande jusqu'au sud du détroit de Gibraltar. On y remarquera en outre l'isobathe de 200^{m}.

Cette carte très réduite ne peut donner aucun détail; on les trouvera sur la carte destinée aux pêcheurs; mais elle est cependant suffisante pour montrer la répartition de ces bancs de coraux abyssaux dans les mers occidentales d'Europe. On constate qu'il suivent régulièrement cet isobathe de 200^{m} qui marque approximativement le bord du plateau continental.

C'est là qu'ils commencent et qu'ils sont abondants. Presque aucun gisement ne se trouve entre le bord du plateau continental et la côte; les plus près de la surface sont à 180^{m}. Tantôt l'isobathe de 200^{m} est proche de la terre quand le pays est montagneux, tantôt cette ligne est beaucoup plus au large quand le pays est plat; mais dans les deux cas, les coraux ne s'installent dans la zone constituant le dessus du plateau continental que tout près de son bord. Sur son versant entre 200^{m} et 500^{m} de profondeur, les coraux sont abondants, puis ils semblent diminuer et l'on n'en trouve plus que quelques groupes isolés aux environs de 2000^{m}. Cependant il ne


15° Ouest de Greenwich
10°
5°
IRLANDE
ANGLETERRE
OCÉAN ATLANTIQUE
50°
50°
FRANCE
45°
45°
ESPAGNE
40°
LÉGENDE
Répartition des coraux abyssaux
Lophohelia. Amphihelia. Dendrophyllia
isobathe de 200 m.
Echelle 1: 18.000.000
0 50 100 200 300 400 500 K
MAROC
15° Longitude Ouest du Méridien international (Greenwich) 10°
5°
Ateliers Ed Blondel la Rougery Paris

faut pas encore généraliser, en raison de la rareté des documents que nous possédons actuellement sur ces régions abyssales.

On peut noter un gisement particulièrement dense au large de la côte sud-ouest de l'Irlande et un autre également très serré en face de la côte française comprise entre Lorient et La Rochelle. Une tache moins importante est située au large de l'entrée de la Manche; mais aucun de ces coraux ne s'aventure dans cette mer insuffisamment profonde.

Un Mémoire plus détaillé, spécialement destiné aux capitaines des chalutiers, complétera cette Note; les zoologistes en tireront aussi une indication précise sur la distribution géographique des coraux abyssaux.

PHYSIQUE. — *Le diamètre rectiligne du néon.*
Note de MM. **E. Mathias**, **C.-A. Crommelin** et **H. Kamerling Onnes**.

1. Nos recherches sur la courbe des densités du néon s'étendent entre le point critique de ce corps (—228°,71 C.) et son point d'ébullition normale (—245°,92 C.). Elles forment la suite de nos déterminations relatives aux courbes des densités de l'oxygène, de l'argon, de l'azote et de l'hydrogène.

2. Les appareils étaient les mêmes que dans les recherches qui viennent d'être mentionnées; le cryostat à vapeur d'hydrogène, en particulier, était celui que nous avons employé dans notre étude de l'hydrogène, le domaine des températures du néon liquide étant tel qu'il n'existe pas de liquide qu'on puisse mettre dans le cryostat, excepté le néon lui-même.

Les températures ont été déterminées à l'aide de deux thermomètres à résistance de platine, comparés directement au thermomètre à hélium dans le même cryostat.

Le néon était purifié avec un soin extrême. Après une purification préliminaire, nous avons employé, pour la purification définitive, un appareil entièrement en verre et en métal, sans caoutchouc. Nous avons fractionné le néon en le solidifiant à plusieurs reprises à la température de l'hydrogène liquide. Puis, l'hélium qui pouvait être présent était éliminé à l'aide d'une pompe Gaede; le néon évaporé était comprimé dans une petite bombe, sauf la dernière portion contenant des traces d'hydrogène et d'azote, qui était recueillie séparément. Finalement, nous avons fait passer le néon à travers une spirale refroidie à —253° C., le gaz étant sous une pression inférieure à sa pression de vapeur saturée (environ 12^{mm}) à la température de l'expérience, en sorte que le néon ne se solidifiait pas, tandis que les impuretés

moins volatiles se déposaient sur les parois intérieures de la spirale. En opérant de cette manière, nous avons obtenu un produit dont nous avons jugé la pureté suffisante par l'observation des phénomènes critiques.

Nous avons admis, pour le poids d'un litre de néon dans les conditions normales, le nombre de Watson, soit $0^{g},9002$.

3. Nous avons réuni, dans le Tableau suivant, les nombres trouvés pour les densités δ et δ' du liquide et de la vapeur saturée à la même température θ (échelle thermodynamique) et pour l'ordonnée y du diamètre :

						y (obs.) — y (calc.)	
θ (degrés C.).	T (degrés K.).	δ (obs.).	δ' (obs.).	y (obs.).	y (calc.).	différence absolue.	en pour 100.
$-247°,92$	$25°,17$	1,23824	0,00534	0,62179	0,62106	+0,00073	+0,117
246,94	26,15	1,22215	0,00711	0,61463	0,61404	+0,00059	+0,096
245,94	27,15	1,20421	0,00939	0,60680	0,60688	—0,00008	—0,013
242,96	30,13	1,14960	0,02013	0,58486	0,58551	—0,00065	—0,111
240,00	33,09	1,08832	0,03831	0,56331	0,56438	—0,00107	—0,190
237,04	36,05	1,01750	0,06742	0,54246	0,54311	—0,00065	—0,120
235,26	37,83	0,96728	0,09310	0,53019	0,53043	—0,00024	—0,045
234,01	39,08	0,92803	0,11592	0,52197	0,52145	+0,00052	+0,100
232,025	41,065	0,85421	0,16563	0,50992	0,50723	+0,00269	+0,530
230,07	43,02	0,74866	0,23935	0,49401	0,49323	+0,00078	+0,158

Les valeurs calculées de l'ordonnée du diamètre, déduites des valeurs observées par la valeur des moindres carrés, en laissant de côté l'observation de $-232°,025$ C., sont données par la formule

$$y\,(\text{calc.}) = -1,154406 - 0,00716146\,\theta.$$

Le coefficient angulaire du diamètre est

$$\alpha = -0,00716146,$$

valeur exceptionnellement grande.

La formule du diamètre donne pour la densité critique, à la température critique $-228°,71$ C.,

$$\Delta = 0,4835.$$

Le coefficient critique est, en appelant Θ la température critique absolue, π la pression critique et R la constante des gaz,

$$\frac{R\Theta\Delta}{\pi} = 3,249.$$

C'est la plus petite valeur que l'on ait encore trouvée expérimentalement.

Nous mettons à part le cas de l'hélium, pour lequel on a déduit la valeur préliminaire : 2,68.

Les déviations du diamètre rectiligne sont pour la plupart petites, en général de l'ordre de grandeur du millième. On peut donc conclure que *le néon obéit à la loi du diamètre rectiligne.*

Toutefois, l'observation relative à $-322°,025$C., au voisinage du point critique, montre une déviation notablement plus grande, d'environ $\frac{1}{200}$, du même ordre de grandeur que la plus grande déviation du diamètre rectiligne de l'hydrogène. Donc, dans le néon, comme dans tous les autres gaz étudiés à Leyde, le diamètre montre une petite déformation au voisinage du point critique.

Dans le cas de l'hydrogène, les petites déviations du diamètre rectiligne étaient distribuées irrégulièrement; dans celui du néon, elles montrent un caractère absolument systématique. Aux basses températures, le diamètre est légèrement convexe vers l'axe des températures et aux plus hautes températures légèrement concave. Ce même caractère fut trouvé pour l'argon, pour l'azote et pour l'acide carbonique.

Ces expériences ont été faites à l'aide de la subvention, prise sur le fonds Bonaparte, que l'Académie a bien voulu attribuer à nos travaux, et pour laquelle nous lui exprimons notre vive gratitude.

ÉLECTIONS.

Par 42 suffrages contre 3 à M. *Louis Barbillion* et 2 à M. *Louis Roy*, M. Charles Camichel est élu Correspondant pour la Section de Mécanique.

CORRESPONDANCE.

M. le Sous-Secrétaire d'État de l'Enseignement technique invite l'Académie à lui présenter une liste de candidats à la chaire d'*Hygiène générale dans ses rapports avec l'industrie*, vacante au Conservatoire national des Arts et Métiers.

(Renvoi à la Section de Médecine.)

M. A. **Danjon** adresse des remercîments à l'Académie pour la subvention qui lui a été accordée sur la *Fondation Henri Becquerel.*

MM. **Léon Fredericq**, **Paul Mondain Monval**, **B. Piot Bey** adressent des remercîments pour les distinctions que l'Académie a accordées à leurs travaux.

MM. **J. Basset**, **W. Kilian**, **Gabriel Petit**, les **Directeurs des Écoles nationales vétérinaires d'Alfort et de Toulouse** adressent des remercîments à l'Académie pour les subventions qui leur ont été accordées sur la *Fondation Loutreuil.*

ANALYSE COMBINATOIRE. — *Sur les systèmes cycliques de triples de Steiner.* Note [1] de M. S. **Bays**, présentée par M. Henri Lebesgue.

Dans deux Notes précédentes [2], j'ai donné le nombre des *systèmes cycliques de triples de Steiner différents*, pour les premières valeurs de $N = 6n + 1$, jusqu'à $N = 43$. La marche de mes recherches a été, jusqu'ici, la suivante [3] : ramener la recherche des systèmes cycliques de triples à celle des *systèmes de caractéristiques*, emploi du groupe métacyclique $\{|x, 1+x|, |x, \alpha x|\}$, α appartenant à l'exposant $\varphi(N)$ mod N, et des trains de White pour classer et différentier les systèmes de triples obtenus; puis, pour les résultats de ma seconde Note, introduction du nouveau groupe $\{|\overline{x}, \overline{\alpha x}|\}$, α appartenant à l'exposant $\varphi(N)$ mod N, et $\overline{a}$ *étant la valeur absolue du plus petit reste positif ou négatif de l'élément a* (mod N), qui ramène la recherche des systèmes cycliques de triples *différents* à celle des systèmes de caractéristiques *fondamentaux* (non déductibles l'un de l'autre par les substitutions du groupe $\{|\overline{x}, \overline{\alpha x}|\}$). L'introduction de ce groupe a été,

---

(1) Séance du 13 novembre 1922.

(2) *Comptes rendus*, t. 165, 1917, p. 542; t. 171, 1920, p. 1363.

(3) Les éléments sont 0, 1, 2, ..., $6n$. Une *caractéristique* est un triple de $3n$ éléments 1, 2, ..., $3n$, tel que l'un des éléments est la somme des deux autres ou la somme des trois éléments est égale à N, et un *système de caractéristiques*, une combinaison de n caractéristiques sans élément commun.

jusqu'ici, l'idée la plus féconde dans mes recherches; elle fournirait un procédé permettant d'obtenir pour $N = 6n + 1$ premier ou puissance de nombre premier, *théoriquement tous* les systèmes cycliques de triples différents, si, pratiquement, déjà pour $N = 61$, la recherche des systèmes de caractéristiques fondamentaux n'exigeait un temps trop grand. Par contre, elle m'a déjà donné les résultats généraux que je vais indiquer.

Je me suis borné au cas $N = 6n + 1$ premiers. Les substitutions du groupe $\{|\overline{x}, \overline{\alpha x}|\}$ transforment l'ensemble des $\frac{(N-1)(N-5)}{12}$ caractéristiques des N éléments en lui-même. Elles répartissent ces caractéristiques en n séries, *invariantes par ces substitutions :* la première de ces séries est le système des caractéristiques que j'ai appelées *imprimitives* (¹) :

$$(1) \qquad \overline{\alpha^0}\,\overline{\alpha^n}\,\overline{\alpha^{2n}}, \quad \overline{\alpha^1}\,\overline{\alpha^{n+1}}\,\overline{\alpha^{2n+1}}, \quad \ldots, \quad \overline{\alpha^{n-1}}\,\overline{\alpha^{2n-1}}\,\overline{\alpha^{3n-1}},$$

et qui détermine $\left[\frac{2^{n-1}}{n}\right]$ (²) systèmes cycliques de Steiner différents. Les $n - 1$ autres séries sont du type suivant :

$$(2) \qquad \overline{\alpha^0}\,\overline{\alpha^a}\,\overline{\alpha^b}, \quad \overline{\alpha^1}\,\overline{\alpha^{a+1}}\,\overline{\alpha^{b+1}}, \quad \ldots, \quad \overline{\alpha^{3n-1}}\,\overline{\alpha^{a+3n-1}}\,\overline{\alpha^{b+2n-1}},$$

où a et b sont deux des entiers $1, 2, \ldots, 3n - 1$, la combinaison n, $2n$ exclue. Ces $3n$ caractéristiques (2) se répartissent à leur tour en n *carrés* de trois caractéristiques chacune, imprimitifs vis-à-vis des substitutions du groupe $\{|x, \alpha x|\}$, qui sont :

$$(2') \qquad \begin{cases} \overline{\alpha^0}\,\overline{\alpha^a}\,\overline{\alpha^b}, & \overline{\alpha^1}\,\overline{\alpha^{a+1}}\,\overline{\alpha^{b+1}}, & \ldots, & \overline{\alpha^{n-1}}\,\overline{\alpha^{a+n-1}}\,\overline{\alpha^{b+n-1}}, \\ \overline{\alpha^n}\,\overline{\alpha^{a+n}}\,\overline{\alpha^{b+n}}, & \overline{\alpha^{n+1}}\,\overline{\alpha^{a+n+1}}\,\overline{\alpha^{b+n+1}}, & \ldots, & \overline{\alpha^{2n-1}}\,\overline{\alpha^{a+2n-1}}\,\overline{\alpha^{b+2n-1}}, \\ \overline{\alpha^{2n}}\,\overline{\alpha^{a+2n}}\,\overline{\alpha^{b+2n}}, & \overline{\alpha^{2n+1}}\,\overline{\alpha^{a+2n+1}}\,\overline{\alpha^{b+2n+1}}, & \ldots, & \overline{\alpha^{3n-1}}\,\overline{\alpha^{a+3n-1}}\,\overline{\alpha^{b+3n-1}}, \end{cases}$$

et qui contiennent chacun, disposés verticalement, les neuf éléments des trois caractéristiques imprimitives. Si nous représentons les caractéristiques imprimitives (1) par les *nouveaux* éléments

$$(3) \qquad 0, \quad 1, \quad \ldots, \quad n - 1,$$

(¹) Nous continuons à entendre par les puissances de α surlignées, *la valeur absolue de leurs plus petits restes positifs ou négatifs* (mod N). Pour simplifier, nous entendons par les entiers exposants, leurs plus petits restes positifs ou nuls (mod $3n$), quoique $\overline{\alpha^{x'}} = \overline{\alpha^{x}}$, si $x \equiv x$ (mod $3n$).

(²) Contrairement à ce qui est d'habitude, nous entendons par ces crochets, ici et plus bas, le premier entier qui est *supérieur* ou *égal* aux quotients donnés.

les carrés de la série (2′) deviennent de nouveaux triples, et la série elle-même, une série *cyclique* de triples

$$(4)\quad 0,\ a,\ b;\quad 1,\ a+1,\ b+1;\quad \ldots;\quad n-1,\ a+n-1,\ b+n-1.$$

L'élément général x étant le plus petit positif ou nul (mod n) de l'entier x, exposant dans (2′).

Cela fait, chaque combinaison de triples, pris dans une ou plusieurs séries (4), sans élément répété, complétée par les éléments (3) qui n'y entrent pas, représente un système de caractéristiques. Celles de ces combinaisons, qui ne sont pas déductibles l'une de l'autre par les substitutions du groupe $\{|0, 1, 2, \ldots, n-1|\}$, représentent des systèmes de caractéristiques fondamentaux. Mes résultats essentiels depuis ma dernière Note sont alors ceux-ci (pour $N = 6n+1$ premier) :

Des $(n-1)$ *séries* (4), *pour* $N > 7$, *une et une seule est formée de triples contenant deux éléments égaux, et donc ne peut servir aux combinaisons de triples précédentes. C'est celle dont la caractéristique de tête de la forme* (2) *correspondante est* $\overline{\alpha^0}\,\overline{\alpha^n}\,(\overline{\alpha^n}-1)$ *ou* $\overline{\alpha^0}\,\overline{\alpha^n}\,(\overline{\alpha^n}+1)$, *selon que* $\overline{\alpha^n} < \overline{\alpha^{2n}}$ *ou* $\overline{\alpha^n} > \overline{\alpha^{2n}}$.

Des $(n-2)$ *séries* (4) *restantes pour* $N > 19$, *deux et deux seules sont identiques; dans les combinaisons précédentes, un triple de l'une peut indifféremment remplacer le triple correspondant de l'autre. Ce sont celles dont les caractéristiques de tête des formes* (2) *correspondantes sont* $\overline{\alpha^0}\,\overline{\alpha^a}\,|\overline{\alpha^a}+1|$ *et* $\overline{\alpha^0}\,\overline{\alpha^a}\,|\overline{\alpha^a}-1|$, α^a *étant racine de l'une des quatre congruences*

$$x\,|\alpha^n-1| \pm |\alpha^n+1| \equiv 0 \qquad \text{et} \qquad x\,|\alpha^n+1| \mp |\alpha^n-1| \equiv 0 \pmod{N}.$$

Ces résultats me permettent de donner, sans autre, en prenant les triples d'une même combinaison dans une seule série (4), le nombre *minimum* suivant de systèmes de caractéristiques fondamentaux [1] :

$$(n-2)\left\{1+\frac{n-7}{2!}+\frac{(n-13)(n-14)}{3!}+\frac{(n-19)(n-20)(n-21)}{4!}+\ldots\right\};$$

puis des expressions analogues plus compliquées en prenant les triples d'une même combinaison dans 2, 3, 4, ... séries (4). Le nombre des termes dans ces formules n'est limité que par la condition que les facteurs aux numérateurs restent positifs.

---

[1] Pour simplifier l'écriture, j'entends, dans ces formules, par les quotients donnés, le premier entier qui leur est *inférieur* ou *égal*.

Chacun des systèmes de caractéristiques fondamentaux ainsi obtenus, détermine au moins $\left[\frac{2^{n-1}}{3}\right]$ *systèmes cycliques de triples différents.*

Enfin j'ai une démonstration unique et relativement simple du théorème, dont j'ai donné un cas particulier dans ma dernière Note :

Pour $N = 6n + 1$ *premier, il n'existe pas d'autres substitutions que celles du groupe* $\{|\overline{x}, \overline{\alpha x}|\}$, *qui transforment l'ensemble des caractéristiques en lui-même.*

GÉOMÉTRIE INFINITÉSIMALE. — *Surfaces réglées remarquables passant par une courbe donnée.* Note de M. A. **Myller**, présentée par M. Appell.

Associons à chaque point M d'une courbe donnée C un plan P passant par lui et variant d'une façon continue avec le point. Proposons-nous de former une surface réglée S avec les propriétés suivantes : 1° Ses génératrices passent par C et sont situées dans les plans P ; 2° deux génératrices quelconques G et G′ infiniment voisines font entre elles le plus petit angle possible; c'est-à-dire, de toutes les droites passant par M et situées dans P, G est celle qui fait le plus petit angle avec G′.

Observons que pour construire G, étant donné G′, il faut tirer par M une droite parallèle à G′ et la projeter orthogonalement sur P. Par conséquent *une surface* S *a la propriété que le plan passant par une génératrice quelconque* G *parallèlement à la génératrice infiniment voisine est perpendiculaire au plan* P.

Cette propriété nous permet d'écrire facilement l'équation différentielle des surfaces S. Si s désigne l'arc de la courbe C, $\alpha(s)$, $\beta(s)$, $\gamma(s)$ les cosinus directeurs de G′ et

$$(1)\qquad \begin{cases} \alpha(s+ds) = \alpha(s) + \alpha'(s)\,ds + \ldots, \\ \beta(s+ds) = \beta(s) + \beta'(s)\,ds + \ldots, \\ \gamma(s+ds) = \gamma(s) + \gamma'(s)\,ds + \ldots, \end{cases}$$

ceux de G, on voit que le vecteur de composantes $\alpha'\,ds$, $\beta'\,ds$, $\gamma'\,ds$ est celui qui, ajouté au vecteur de composantes $\alpha(s)$, $\beta(s)$, $\gamma(s)$, nous donne le vecteur de composantes (1).

Parce qu'on a la relation

$$\alpha\alpha' + \beta\beta' + \gamma\gamma' = 0$$

(déduite par différentiation de $\alpha^2 + \beta^2 + \gamma^2 = 1$), la droite de direction α', β', γ' est perpendiculaire à la droite α, β, γ et, comme elle doit être aussi

dans un plan perpendiculaire à P, elle est perpendiculaire au plan P. La droite de direction α', β', γ' est donc perpendiculaire à toute droite, l, m, n, située dans P. On a, par conséquent,

$$l\alpha' + m\beta' + n\gamma' = 0$$

pour tous les l, m, n qui satisfont à la relation qui définit les plans P

$$n = p(s)\,l + q(s)\,m.$$

ou encore

$$(2)\qquad \begin{cases} \alpha' + p\gamma' = 0, \\ \beta' + q\gamma' = 0. \end{cases}$$

En dérivant la relation

$$\gamma = p\alpha + q\beta,$$

et en portant la valeur ainsi obtenue de γ' en (2), on obtient, après un calcul facile,

$$(3)\qquad \begin{cases} \alpha' + \dfrac{p}{1 + p^2 + q^2}(p'\alpha + q'\beta) = 0, \\[2ex] \beta' + \dfrac{q}{1 + p^2 + q^2}(p'\alpha + q'\beta) = 0, \end{cases}$$

qui sont les équations différentielles de toutes les surfaces S qui correspondent à notre problème.

Si nous désignons par θ l'angle des deux génératrices α, β, γ; $\bar{\alpha}$, $\bar{\beta}$, $\bar{\gamma}$ passant par le même point de la courbe C, et appartenant à deux de nos surfaces, on a

$$\cos\theta = (1 + p^2)\alpha\bar{\alpha} + (1 + q^2)\beta\bar{\beta} + pq\alpha\bar{\beta} + pq\bar{\alpha}\beta,$$

et l'on constate que

$$\frac{d\cos\theta}{ds} = 0.$$

On obtient ainsi la propriété que *les génératrices qui se rencontrent sur* C, *de deux quelconques de nos surfaces* S, *font entre elles un angle constant.*

Considérons la surface E, enveloppe des plans P. Une quelconque des surfaces S est tangente à E, le long d'une courbe K qui est la ligne de striction de la surface réglée. En effet, en chaque point de cette courbe, le plan tangent à la surface est perpendiculaire au plan passant par la génératrice correspondante, parallèlement à la génératrice infiniment voisine.

Il y a, dans ce problème, deux cas particuliers intéressants :

1° *Les plans* P *sont normaux à la courbe* C. Alors, la surface E est la sur-

face polaire de C, les surfaces S deviennent développables et les courbes K sont leurs arêtes de rebroussement. Les résultats précédents ne sont, dans ce cas, que les résultats bien connus de Monge sur les développées des courbes gauches.

2° *Les plans* P *sont tangents à la courbe* C. Dans ce cas, la surface E passe par C et les plans P lui sont tangents le long de C qui est la ligne de striction de toutes les surfaces S. Les génératrices d'une surface quelconque S sont parallèles au sens de M. Levi-Civitá (¹).

GÉOMÉTRIE INFINITÉSIMALE. — *Sur les complexes qui présentent, sur toutes leurs droites, des singularités projectives du deuxième ordre infinitésimal.* Note de M. **Paul Mentré**, présentée par M. G. Kœnigs.

Considérons, dans un complexe non linéaire et non spécial K, la droite D et les droites infiniment voisines D′. Désignons par F_1, F_2, F_3, F_4 et appelons *foyers singuliers* les points qui appartiennent aux « couples inflexionnels » définis et étudiés par M. Kœnigs dans sa Thèse sur les propriétés infinitésimales de l'espace réglé : « Les droites D′ *exceptionnelles* qui passent par un foyer singulier sont situées, au 3ᵉ ordre près, dans tous les complexes linéaires tangents Γ. »

J'ai été amené, à propos de la classification projective des complexes, à considérer des complexes pour lesquels au moins deux foyers exceptionnels sont confondus. Pour cette étude de géométrie projective, j'ai employé les notations et les méthodes que M. Cartan a utilisées dans son Mémoire sur la déformation projective des surfaces (²).

Donnons-nous dans l'espace projectif un complexe K engendré par la droite D dont la position dans l'espace dépend de trois paramètres p_1, p_2, p_3. Associons à la droite D un repère projectif A_1 A_2 A_3 A_4, auquel nous imposons les restrictions suivantes :

1° La forme géométrique $[A_1 A_2] = D$ représente un complexe linéaire spécial dont la droite D est la directrice; 2° la forme géométrique

$$[A_1 A_3] + [A_4 A_2] = \Gamma_0$$

représente un complexe linéaire tangent à K; 3° $[A_1 A_2 A_3 A_4] = 1$. Le

(¹) A. Myller, *Comptes rendus*, t. 174, p. 997. — L. Bianchi, *Bollettino della Unione Matematica italiana*, t. 1, n° 1.

(²) *Ann. Éc. Norm.*, 3ᵉ série, t. 37, p. 259-356.

déplacement infiniment petit du repère satisfait donc aux relations

$$dA_i = \omega_{i1} A_1 + \omega_{i2} A_2 + \omega_{i3} A_3 + \omega_{i4} A_4;$$
$$dD = (\omega_{11} + \omega_{22}) [A_1 A_2] + \omega_{23} [A_1 A_3] + \omega_{24} [A_1 A_4] - \omega_{23} [A_4 A_2] - \omega_{13} [A_2 A_3];$$
$$d\Gamma_0 = (\omega_{32} + \omega_{41}) [A_1 A_2] + (\omega_{11} + \omega_{33}) [A_1 A_3] + (\omega_{34} - \omega_{21}) [A_1 A_4]$$
$$+ (\omega_{22} + \omega_{44}) [A_4 A_2] + (\omega_{12} + \omega_{43}) [A_2 A_3].$$

L'expression

$$Q = \omega_{13}(\omega_{34} - \omega_{21}) + \omega_{23}(\omega_{11} - \omega_{22} - \omega_{33} - \omega_{44}) + \omega_{24}(\omega_{43} - \omega_{12})$$

est une forme quadratique en ω_{13}, ω_{23}, ω_{24}. Si l'on pose

$$\psi = a\omega_{13}^2 + a'\omega_{23}^2 + a''\omega_{24}^2 + 2b\omega_{23}\omega_{24} + 2b'\omega_{24}\omega_{13} + 2b''\omega_{13}\omega_{23},$$

on trouve que les foyers singuliers $F_j = z_j A_1 + A_2$ sont donnés par les racines de l'équation en z :

$$a''z^4 + 2bz^3 + (a' - 2b')z^2 - 2b''z + a = 0.$$

Si des foyers singuliers sont confondus, l'équation algébrique en z admet donc une racine multiple.

Supposons que le complexe K admette un foyer double F sur chacune de ses droites. On peut démontrer que le complexe K est enveloppé par un complexe linéaire Γ_0 dont la position dans l'espace ne dépend que de deux paramètres p_2, p_3 ; les trois complexes linéaires dont les formes géométriques sont respectivement Γ_0, $\frac{\partial \Gamma_0}{\partial p_2}$ et $\frac{\partial \Gamma_0}{\partial p_3}$, ont d'ailleurs en commun les droites de Γ_0 issues de F. *Les droites D' issues d'un foyer double appartiennent donc à tous les complexes linéaires tangents* Γ. (Il n'est pas inutile de rappeler que trois complexes linéaires ont, en général, en commun les génératrices d'une surface du deuxième degré.)

Un cas particulier remarquable est celui d'un complexe K_1 avec deux foyers doubles F' et F''. Le complexe K_1 peut alors, de deux manières différentes, être considéré comme enveloppé par un complexe linéaire dont la position dépend seulement de deux paramètres. Il est facile de montrer que *les complexes K_1 à deux foyers singuliers doubles sont enveloppés par un complexe linéaire dont la position dépend d'un seul paramètre.* Réciproquement, les complexes enveloppés par un complexe linéaire qui dépend d'un paramètre présentent deux foyers doubles; ceux-ci sont situés respectivement sur chacune des deux directrices de la congruence linéaire caractéristique V. D'ailleurs on prévoit géométriquement que les droites D', qui

s'appuient sur une directrice de V et passent par le point de rencontre de D avec l'autre directrice, appartiennent à V et par suite à Γ_0 et aux Γ.

Un cas particulier du précédent est celui des complexes K'_1 qui admettent un foyer quadruple F. La congruence caractéristique V devient spéciale et sa directrice passe par F. *Les complexes à foyer quadruple sont donc des familles particulières de congruences linéaires spéciales.* Si l'on veut classer les complexes K'_1, on est amené à distinguer trois cas, suivant que la surface réglée R engendrée par la directrice de V est développable, non développable ou plane. On trouve facilement des solutions particulières du système de Pfaff qui fournit les complexes K'_1 avec surface réglée R plane. Citons, comme exemple, le complexe donné par les quatre équations relatives au repère projectif fixe $C_1 C_2 C_3 C_4$:

$$A_1 = p_1 C_3 - p_2 p_3 C_4 - \frac{p_2}{p_3} C_2 + C_1, \qquad A_2 = (p_2 - 1) C_3 + p_3 C_4 - \frac{C_2}{p_3},$$
$$A_3 = C_3, \qquad A_4 = C_4 p_3 + \frac{C_2}{p_3}.$$

Dans l'espace ordinaire, on trouve ainsi le complexe défini par la relation

$$f(a, b, p, q) = b + \left(a - \frac{1}{2} q\right)^2 = 0.$$

Le foyer quadruple est constamment rejeté à l'infini, comme on peut le vérifier directement en utilisant l'équation en z de la thèse de M. Kœnigs.

Enfin on peut porter son attention sur le cas intéressant des complexes K_2 à foyer singulier triple. Citons, comme exemple dans l'espace ordinaire, le complexe d'équation

$$q + a e^{-\frac{b}{2}} = 0.$$

Ce complexe est enveloppé par un complexe linéaire à deux paramètres dont l'équation est

$$q + p_2(p_3 - b) + a e^{-\frac{p_3}{2}}.$$

TOPOGRAPHIE. — *Résultats obtenus en 1921 et 1922 par l'application de la photographie aérienne aux levés de précision à grande échelle.* Note de M. **H. Roussilhe**, présentée par M. Ch. Lallemand.

Dans une Note précédente (1) j'ai exposé les difficultés théoriques du problème de la *restitution exacte* des photographies aériennes, et montré comment elles peuvent être résolues, dans le procédé dit de *photorestitution*, en astreignant en particulier l'objectif de restitution à travailler dans les mêmes conditions qu'une lentille mince.

Sans attendre la réalisation de l'obturateur d'objectif étudié par M. Guillemet pour les objectifs de $0^m,50$ (2), des expériences de levé à grande échelle ont été poursuivies d'avril 1921 à juillet 1922, sur le territoire de la commune de Vignemont (Oise). La présente Note donne les résultats obtenus à la suite de ces expériences, dont la direction et la rédaction ont été assurées par mon collaborateur M. H. Lafosse.

1° Le levé photographique (440^{ha}) a été appuyé sur une *triangulation* locale très dense, observée et calculée avec le maximum de précautions :

	Nombre de points.	Longueur moyenne des côtés.	Erreur relative moyenne des côtés.
Troisième ordre fondamental........	9	2500^m	$\frac{1}{25000}$
Réseau subsidiaire.................	52	380^m	$\frac{1}{2600}$

L'erreur moyenne de position ne dépasse pas $0^m,11$.

2° Après étude d'un grand nombre de dispositifs différents, le terrain à lever a été *signalé* au moyen d'éléments de 1^m de long sur $0^m,20$ de large (voliges minces peintes en blanc à la chaux), disposés de manière à définir les limites de parcelles (points exacts et directions au départ).

Ces signaux sont parfaitement visibles sur les clichés horizontaux ou inclinés pris à 2000^m d'altitude. Ils sont faciles à poser et peuvent être récupérés en grande partie.

3° La *prise des photographies* a été effectuée avec un appareil de longueur focale $0^m,50$, muni de l'obturateur plan-focal usuel. Trois séries de clichés (une avec axe optique vertical, les deux autres avec axe optique incliné de

(1) *Comptes rendus*, t. 174, 1922, p. 863.
(2) *Comptes rendus*, t. 174, 1922, p. 866.

30° dans le sens de la route et à angle droit) ont été prises à 2000^m d'altitude, sur la superficie totale (440^{ha}) du levé à rédiger à l'échelle du $\frac{1}{2000}$. Trois autres séries ont été prises à 1000^m sur 100^{ha} seulement, en vue de la rédaction au $\frac{1}{1000}$.

4° Les *travaux de laboratoire* ont été effectués suivant la technique indiquée dans ma Note du 27 mars 1922, mais une modification importante a été apportée, après de nombreuses recherches, au *support* adopté pour la prise et pour l'emploi des restitutions photographiques : les papiers sensibles utilisés sont gélatinés sur les deux faces et collés par adhérence sur une *glace* bien plane.

Les manipulations photographiques et le travail de dessin s'effectuent sur la feuille ainsi préparée, et qui n'est plus soumise à aucune déformation hygrométrique.

5° La *rédaction du plan* a été effectuée par la méthode des *intersections*, chaque point étant déterminé par trois visées photographiques au moins. Les coordonnées des positions graphiques obtenues ont été relevées avec soin, sans employer de coordinatographe.

6° Enfin, on a déterminé, par visées d'intersections, dans le système de triangulation locale adopté, les coordonnées de 190 signaux quelconques du parcellaire. Les observations et les calculs ont été conduits avec des précautions inusitées, en vue d'assurer un *contrôle aussi rigoureux que possible des résultats du levé photographique*. L'erreur moyenne de position de ces points, par rapport aux stations utilisées, ne dépasse pas 0^m,03.

Les calculs ont été effectués par la méthode du *point approché* : l'ensemble des positions approchées représente de son côté une *excellente rédaction graphique* du plan, telle qu'on l'aurait établie à l'aide des observations au théodolite.

Les résultats obtenus sont les suivants :

A. L'erreur moyenne des positions calculées pour ces 190 points de contrôle est de 0^m,085 (en tenant compte de l'erreur moyenne propre aux stations).

B. L'erreur moyenne des positions photographiques, par rapport aux positions calculées, est de :

0^m,25 pour la rédaction au $\frac{1}{1000}$ (125 points contrôlés); 0^m,41 pour la rédaction au $\frac{1}{2000}$ (120 points contrôlés) (soit $\frac{1}{4}$ de millimètre au maximum).

Théoriquement, en tenant compte de l'erreur moyenne des déterminations de contrôle (0^m,085) et de l'erreur moyenne de relevé graphique des coordonnées (0^m,10 au $\frac{1}{1000}$, 0^m,20 au $\frac{1}{2000}$), *l'erreur moyenne des points déterminés par photographie aérienne ne dépasse pas :*

$0^m,21$ à l'échelle de $\frac{1}{1000}$; $0^m,38$ à l'échelle de $\frac{1}{2000}$.

Mais ces nombres sont encore entachés des erreurs provenant de l'emploi des obturateurs à rideaux, et l'on peut être certain qu'ils se réduiront sensiblement lorsqu'on n'emploiera plus que des obturateurs d'objectifs.

Comparons maintenant, dans les mêmes conditions, les positions approchées, obtenues par le graphique normal des observations, et les positions définitives obtenues par le calcul. Le travail graphique a été exécuté avec le plus grand soin, à l'échelle de $\frac{1}{2000}$, chaque point étant déterminé par trois visées au moins, effectuées au théodolite à 50″ et rédigées à l'aide du rapporteur Sanguet de 355^{mm} de diamètre, sans qu'intervienne aucune mesure de longueur. Or, l'écart moyen de détermination (moyenne des écarts du point approché au point calculé) est de $0^m,52$.

On peut donc affirmer *qu'un levé photographique, exécuté dans les conditions normales d'emploi de l'appareil de photorestitution, donne un résultat plus précis qu'un levé topographique rédigé à la même échelle avec le maximum de précautions.*

Les expériences de 1921 et 1922 ont conduit, d'autre part, à un second résultat non moins important.

Le travail de restitution photographique a porté, pour le levé au $\frac{1}{2000}$, sur 32 clichés horizontaux et 33 clichés inclinés.

Le *rendement* moyen *par opérateur* (restituteur photographe, dessinateur et aides) a atteint $2^{ha},7$ à l'heure. En tenant compte des temps perdus et de l'entraînement un peu spécial du personnel utilisé, on peut *limiter* ce rendement horaire à $1^{ha},5$: dans ces conditions, une équipe de 14 agents techniques, disposant de deux appareils de photorestitution et d'un laboratoire photographique, assurera facilement la rédaction des levés cadastraux de 40 *communes par an*, à l'échelle du $\frac{1}{2000}$. Quant à la prise des clichés, elle exigerait, pour le même rendement annuel, l'emploi permanent *d'un avion*.

Il est encore impossible de faire correspondre à ces premiers résultats une évaluation précise du *prix de revient* des opérations. Des essais plus importants seront, à cet égard, entrepris en 1923, dès qu'on aura achevé l'installation d'un avion d'expérience, muni de trois appareils photographiques à obturateurs spéciaux et à magasins de 100 plaques. Si ces essais portent sur une superficie suffisante, on aura en mains tous les éléments permettant de justifier *l'économie* d'une méthode dont, dès à présent, la *précision* et la *rapidité* sont nettement démontrées.

OPTIQUE. — *La loi d'entraînement de l'éther de Fresnel.* Note de M. C. **Raveau.**

Je suis d'une opinion tout à fait opposée à celle de M. Menges (¹). Je pense que la formule de Fresnel est inattaquable et qu'elle peut se démontrer indépendamment de toute relativité du temps et de l'espace. C'est ce dont je crois avoir donné la preuve dans une Note précédente (²). Je proposerai ici une autre démonstration, moins symétrique, mais un peu plus simple.

Soit un appareil interférentiel disposé pour la mesure des indices. Entre deux plans parallèles A, B et normalement à ces plans, un des rayons traverse un milieu d'indice n. Le second rayon, parallèle au premier, se meut dans le vide, depuis le plan A jusqu'à un miroir plan C, situé au delà de B; réfléchi sur lui-même, il revient en B. Lorsque l'appareil est réglé, on a

$$n\,\mathrm{AB} = \mathrm{AC} + \mathrm{CB}; \qquad \mathrm{AC} = \frac{n+1}{2}\,\mathrm{AB}, \qquad \mathrm{CB} = \frac{n-1}{2}\,\mathrm{AB}.$$

Le réglage se maintient évidemment, quelle que soit la vitesse φ donnée à l'appareil parallèlement aux rayons interférents. La conservation de l'égalité de longueur des deux chemins, mesurés par un observateur qui voit l'appareil se déplacer et le milieu prendre un indice apparent n', impose la condition

$$\frac{n'}{1-\frac{\varphi n'}{c}} = \frac{n+1}{2\left(1-\frac{\varphi}{c}\right)} + \frac{n-1}{2\left(1+\frac{\varphi}{c}\right)},$$

qui n'est autre que celle de Fresnel.

ÉLECTRICITÉ. — *Sur le potentiel minimum de décharge électrique dans les gaz aux basses pressions.* Note de M. **Emmanuel Dubois**, présentée par M. Villard.

Il y a quelques mois (³), j'ai signalé des variations singulières du potentiel minimum de décharge dans l'hydrogène aux basses pressions. Je les ai

(¹) Voir *Comptes rendus*, t. 175, 1922, p. 574.
(²) *Comptes rendus*, t. 175, 1922, p. 613.
(³) *Comptes rendus*, t. 173, 1921, p. 224.

attribuées à l'existence de gaz occlus dans les électrodes. Depuis, j'ai aussi opéré dans l'oxygène et le gaz carbonique et j'ai employé des métaux très réfractaires comme le tungstène et le molybdène. Ces expériences m'ont amené à constater que la plus grande partie des effets observés doit être attribuée à la présence de substances salines couvrant les électrodes.

Soient d'abord des électrodes neuves et soit A cet état des électrodes; le potentiel disruptif V, mesuré dans les deux sens, conduit à une valeur bien définie si l'appareil est symétrique, ce que nous supposerons d'abord pour plus de simplicité.

Chauffons au blanc les deux électrodes dans le vide pendant quelques secondes; la mesure de V conduit alors à une valeur de V supérieure à V_A. En alternant les mesures de V et les chauffages d'électrodes, nous trouverons des potentiels disruptifs allant en croissant, mais tendant rapidement vers une limite V_B parfaitement définie, correspondant à un nouvel état B des électrodes. Si celles-ci sont dissymétriques, les variations se présentent de la même façon, quoique différentes de grandeur, pour les deux électrodes. Le Tableau suivant montre l'énormité de la variation de V. Il est relatif à des expériences faites dans l'hydrogène avec des fils de diamètre égal à $0^{mm},2$ tendus dans l'axe d'un cylindre de laiton de diamètre égal à $19^{mm},5$; les potentiels mesurés dans les deux états A et B correspondent aux fils cathodes et sont indiqués en volts.

Pression en mm. de Hg.	Tungstène.		Molybdène.		Platine.	
	État A.	État B.	État A.	État B.	État A.	État B.
0,70...........	280	517	276	508	238	481
1,50...........	230	358	222	345	224	361
2,80...........	245	339	240	342	240	354
10,00...........	330	427	328	427	332	442
20,00...........	426	526	430	529	427	537

Si l'une des électrodes est dans l'état A et l'autre dans l'état B, elles conduisent à des potentiels disruptifs V_A ou V_B, selon que l'on prend respectivement l'une ou l'autre pour cathode : le potentiel disruptif est donc influencé *par la nature de la cathode et non par celle de l'anode.*

Dans la théorie de Townsend, le potentiel V, pour des électrodes de forme donnée et un gaz à une pression donnée, ne dépend que des nombres d'ions nouveaux que les ions positifs et négatifs peuvent respectivement créer sur une longueur donnée. Si V dépend en outre de l'état de la cathode cette théorie n'est plus exacte et il convient d'admettre que la cathode est capable d'émettre des charges supplémentaires.

L'hypothèse, qui semble cadrer parfaitement avec les faits, consiste à admettre que le passage d'un état à l'autre correspond à la disparition d'une substance ou d'un mélange de substances imprégnant la cathode. Cette supposition se trouve confirmée par l'expérience suivante : les deux électrodes étant dans l'état B, on recouvre l'une d'elles de traces d'un sel métallique, par exemple de chlorure de potassium. On constate que V reste ensuite égal à V_B, si l'électrode souillée de sel est prise comme anode, mais que V devient égal et même souvent inférieur à V_A si cette électrode est cathode. D'ailleurs, nous concevons qu'il y a une infinité d'états A selon la nature et la quantité de substance déposée sur la cathode; on verra cependant sur le Tableau précédent que les potentiels V_A indiqués diffèrent peu les uns des autres; ceci tient à ce que, à partir d'une certaine quantité de substance agissante, V_A cesse de décroître et tend vers une valeur, qui est la même pour tous les métaux et qui correspond sans doute au maximum d'électrons qu'un ion positif peut libérer dans un choc avec la cathode.

Pour obtenir un état A, il suffit d'une quantité très faible de substance saline : si l'on distille sur une grande électrode cylindrique des traces de chlorure alcalin, initialement déposées sur un fil tendu dans l'axe du cylindre, le potentiel V correspondant au cylindre cathode tombe à une valeur considérablement plus basse que le V_A initial, même avec une quantité de sel inférieure à 10^{-6} gramme par centimètre carré.

Les métaux neufs ont leur surface imprégnée d'impuretés de toute nature; à coup sûr, ces impuretés agissent à la manière indiquée; il serait téméraire d'en conclure que la substance agissante est formée uniquement de sels métalliques, mais il est certain qu'elle agit à leur manière.

L'état B caractérise le *métal pur* et c'est un fait intéressant de voir sur le Tableau précédent que, pour cet état, V est indépendant de la nature du métal, aux erreurs d'expérience près. C'est V_B qui est le potentiel disruptif vrai des métaux; les expériences antérieures relatives au potentiel disruptif sont *erronées aux basses pressions* et même à la pression relativement élevée de 20^{mm} de mercure dans l'exemple cité; elles correspondent à des électrodes souillées d'impuretés.

Enfin, le passage de l'état A à l'état B peut se faire en laissant circuler dans l'appareil un courant de décharge intense et prolongé; les impuretés agissant à la surface du fil sont donc arrachées par la décharge; les valeurs limites V_B obtenues concordent bien avec celles qu'on observe après avoir chauffé au blanc les électrodes.

PHYSIQUE. — *Électromètre absolu plan-cylindre.* Note de M. L. **Bouchet**, présentée par M. D. Berthelot.

Cet électromètre est fondé sur l'attraction d'un cylindre électrisé par un plan A également électrisé, il permet la mesure des potentiels élevés en valeur absolue. On peut le construire facilement, son réglage ne présente aucune difficulté.

Un lourd plan métallique A, bien dressé, est porté par des pieds isolants en ébonite. Un cylindre creux et mince en aluminium ayant son axe parallèle au plan est suspendu à l'une des extrémités du fléau d'une balance, à bras inégaux et sensible au centigramme, au moyen d'une tige filetée normale à l'axe du cylindre. Cette tige traverse un des côtés horizontaux d'un cadre rectangulaire et peut lui être fixée à l'aide de deux écrous mobiles. Le cadre repose sur un petit plan horizontal B, soudé à l'extrémité du grand bras du fléau, par deux pointes mousses, lesquelles sont engagées dans deux cavités hémisphériques creusées dans le plan B.

La manœuvre des deux pointes mousses, vissées dans le côté horizontal supérieur du cadre, permet d'amener l'axe du cylindre parallèle au plan A.

Les deux extrémités de la balance portent chacune un plateau suspendu à la manière ordinaire.

Le cylindre, de 35^{cm} de longueur, $2^{cm},25$ de rayon, se prolonge de part et d'autre par deux cylindres d'aluminium (5^{cm} de longueur), de même section que le premier et séparés par de petits intervalles d'air; ils assurent ainsi une distribution régulière. Toutes ces pièces sont reliées métalliquement au socle de la balance qui est protégée contre les attractions du plan. Les oscillations de la balance sont limitées par des butoirs.

Calcul de l'attraction du cylindre. — D'après la distribution des potentiels dans l'espace, sous l'action de deux lignes électrisées de sens contraires, on obtient pour la capacité C, électrostatique, de deux cylindres extérieurs à axes parallèles

(1) $$C = \frac{l}{2\,\mathrm{L}(\alpha + \sqrt{\alpha^2 - 1})}$$

où

$$\alpha = -\frac{R^2 - R_1^2 - \Delta^2}{2RR_1},$$

R, R_1 désignant les rayons des cylindres, l leur longueur et Δ la distance de leurs axes.

Lorsque l'un des cylindres a un rayon infini, ce qui correspond au cas de l'électromètre plan-cylindre, C prend une forme indéterminée. Cette indétermination étant levée, on trouve pour C

$$(2) \qquad C = \frac{l}{2\,L\left(\frac{b}{R} + \sqrt{\frac{b^2}{R^2} - 1}\right)},$$

b étant la distance de l'axe du cylindre au plan.

Pour avoir la force F, qui tend à attirer le cylindre, écrivons que le travail des forces électriques est égal à l'accroissement d'énergie du système

$$F\,db = \frac{1}{2} V^2\,dC\,;$$

d'où, d'après (2),

$$F = -\frac{l}{4R}\,\frac{1}{\sqrt{\frac{b^2}{R^2} - 1}}\,\frac{V^2}{\left[L\left(\frac{b}{R} + \sqrt{\frac{b^2}{R^2} - 1}\right)\right]^2}.$$

Ce qu'on peut écrire

$$V^2 = KF.$$

En mesurant en centimètres les quantités dont dépend K, et F en dynes, on aura V en unités absolues du système C.G.S.

Mesures de b et de F. — Les déplacements du cylindre sont produits et mesurés par la rotation des écrous, munis d'une graduation, le long de la tige filetée.

Pour déterminer F, par une série de tâtonnements, on soulève le cylindre jusqu'à ce que l'attraction équilibre une surcharge placée sur le plateau de la balance, au-dessus du cylindre, ou bien, pour une position déterminée du cylindre, on équilibre l'attraction en faisant varier la surcharge.

Application. — J'ai recherché, par l'expérience, à partir de quelle distance d, du cylindre au plan, la formule de cet électromètre cesse d'être correcte.

J'ai opéré avec un transformateur de 25 kilowatts. Maintenant constant le potentiel V, pour les distances b', b'', b''', ..., j'ai équilibré les attractions correspondantes F', F'', F''', ..., on doit avoir

$$V = K'\sqrt{F'} = K''\sqrt{F''} = \ldots.$$

Voici les résultats pour les faibles distances d du cylindre au plan et pour une différence de potentiel de 20 unités électrostatiques C.G.S. :

d.	b.	F.	$K\sqrt{F}$.
mm	cm	g	
3	2,55	11,57	20,04
3,5	2,60	8,92	19,90
4	2,65	7,48	20,16
5	2,75	5,32	20,00
6	2,85	3,96	19,85

Pour des distances d comprises entre $1^{cm},5$ et 3^{cm} et pour une différence de potentiel de 60 unités électrostatiques C.G.S., la constance du produit $K\sqrt{F}$ se conserve. Les résultats sont cependant un peu moins satisfaisants, comme le montre le Tableau suivant :

d.	b.	F.	$K\sqrt{F}$.
cm	cm	g	
1,5	3,75	9,08	60,60
2,0	4,25	5,72	60,15
2,5	4,75	4,15	60,70
3,0	5,25	3,03	59,84

En augmentant d, de plus en plus, la diminution de $K\sqrt{F}$ s'accentue systématiquement.

On peut conclure, de ces essais, que cet électromètre peut servir à mesurer, en valeur absolue, des différences de potentiel qui atteignent, dans mes expériences, jusqu'à 60 unités électrostatiques, à condition de séparer le cylindre du plan par un intervalle ne dépassant pas 3^{cm}.

SPECTROSCOPIE. — *Sur l'excitation du spectre du mercure. Influence de l'hélium.* Note de M. **Georges Déjardin**, présentée par M. G. Urbain.

Le spectre d'arc du mercure se compose d'un système de triplets, d'un système de raies isolées et de nombreuses raies de combinaisons et d'intercombinaisons. Le spectre d'étincelle, peu étudié jusqu'à présent, comprend un grand nombre de raies non classées en séries.

I. J'ai recherché les conditions d'excitation du spectre du mercure en analysant, au moyen de spectrographes appropriés, le rayonnement émis par la vapeur de mercure traversée par des électrons de vitesse variable. L'appareil utilisé est un tube à trois électrodes (filament de tungstène incandescent, grille et plaque réunies constituant une anode unique). Une différence de potentiel progressivement croissante (entre 0 et 100 volts)

est appliquée entre l'extrémité négative du filament et l'anode. La région comprise entre les électrodes (devant laquelle le tube présente une ouverture fermée par un disque de quartz) est projetée, au moyen d'une lentille de quartz, sur la fente du spectrographe. Le vide est obtenu au moyen d'une pompe à diffusion et les gaz occlus sont éliminés par le procédé habituel. La pression de la vapeur de mercure dans l'appareil (pression maximum correspondant à la température ambiante) est comprise entre 1^{μ} et 2^{μ}.

Lorsque la vitesse des électrons dépasse légèrement la vitesse critique d'ionisation, correspondant à $10^{\text{volts}},4$, on obtient sur les clichés, la durée de pose étant d'au moins 30 minutes, un grand nombre de raies du *spectre d'arc* du mercure. Ces raies sont émises uniquement dans la région comprise entre la grille et la plaque; elles sont dues surtout aux chocs d'électrons et d'atomes normaux. Pour une certaine valeur du potentiel accélérateur des électrons (potentiel d'illumination voisin de 16 volts, dépendant d'ailleurs du tube utilisé et de la pression), la charge spatiale des électrons est complètement neutralisée; le courant électronique augmente brusquement et une luminosité devient visible au voisinage des électrodes. Le spectre de cette luminosité, que l'on peut alors observer visuellement à l'aide d'un spectroscope, est également le spectre d'arc, mais les raies sont émises à la fois entre la grille et la plaque et au voisinage du filament, ce qui montre l'intervention des actions multiples (chocs d'électrons lents et d'atomes anormaux ayant absorbé la radiation de résonance des atomes voisins). Les séries secondaires des deux systèmes sont visibles à peu près dans leur ensemble, ainsi que de nombreuses raies de combinaisons. Les expériences réalisées montrent que les raies d'arc ne peuvent être excitées séparément (1) et que l'émission du spectre d'arc semble nécessiter l'ionisation de l'atome.

Dans l'orangé et le rouge sont visibles les raies intenses 6073, 6124, 6234 et 6716 observées par Hermann (2), Horton (3) et Stiles (4). La première et les deux dernières sont des raies de combinaisons; leur intensité, ainsi que celle de toutes les autres raies classées, ne varie pas sensiblement

(1) En accord avec certaines observations de Richardson et Bazzoni (*Phil. Mag.*, t. 32, 1916, p. 426).

(2) *Ann. der Phys.*, t. 16, 1905, p. 684.

(3) *Cambridge Phil. Soc. Proc.*, t. 14, 1908, p. 501, et *Proc. Roy. Soc.*, t. 85, 1911, p. 288.

(4) *Astrophys. Journ.*, t. 30, 1909, p. 48.

avec le potentiel appliqué. Au contraire, la raie non classée 6124 décroît progressivement d'intensité quand le potentiel accélérateur des électrons augmente : au-dessous de 22 volts, elle est la plus intense du groupe; elle devient la plus faible à partir de 32 volts.

Le spectre d'étincelle n'apparaît que pour des valeurs du potentiel accélérateur des électrons supérieures au potentiel d'ionisation et au potentiel d'illumination. Les raies fortes 2848 et 3984 deviennent visibles, ou tout au moins sont nettement renforcées, à partir de 20 volts environ; la raie 2916, d'intensité plus faible, semble appartenir au même groupe que les précédentes. Les raies 2936, 2947, 3208, 3264 et 4867 apparaissent entre 30 et 40 volts. La raie 4797 ne devient visible que vers 45 volts; son intensité augmente plus rapidement que celle des précédentes quand on fait croître le potentiel appliqué. Il ne faut pas considérer les potentiels indiqués précédemment comme des seuils d'excitation déterminés avec précision; les résultats obtenus montrent simplement la complexité du spectre d'étincelle et l'existence de plusieurs groupes de raies de caractère différent.

II. Il existe pour des électrons traversant une atmosphère d'hélium une première vitesse critique correspondant à $20^{volts},4$; de plus, les impuretés présentes sont ionisées lorsque le potentiel accélérateur dépasse cette valeur. Franck et Reiche [1] ont supposé que les atomes d'hélium anormaux qui se forment dans ces conditions sont métastables et qu'ils ne peuvent revenir à l'état normal qu'en s'unissant préalablement aux impuretés pour donner des combinaisons de courte durée. Il est possible que l'ionisation du mercure en présence d'hélium soit liée à un tel mécanisme. Quoi qu'il en soit, la modification profonde du spectre du mercure, en présence d'hélium, révèle la complexité du phénomène et montre qu'il diffère de l'ionisation de la vapeur de mercure pure par des électrons de vitesse suffisante.

Au-dessous de $20^{volts},4$, le rayonnement émis par un mélange de vapeur de mercure et d'hélium se compose du spectre d'arc du mercure tel qu'on l'observe en l'absence d'hélium.

A partir de $20^{volts},4$, le spectre du mercure se modifie, en même temps que le spectre de l'hélium apparaît avec une intensité croissante, dépendant d'ailleurs de la pression du gaz. Dans l'orangé et le rouge, les raies 6073, 6124, 6234 et 6716 s'affaiblissent progressivement quand on fait croître lentement le potentiel appliqué, tandis qu'une raie nouvelle, la raie 6152 du mercure, apparaît et devient de plus en plus intense (en même temps

---

(1) *Zeit. f. Phys.*, t. I, 1920, p. 154 et 320.

que les raies 5876 et 6678 de l'hélium). A 22 volts, la pression étant de 4^{mm}, les quatre raies précédemment indiquées sont à peine visibles, tandis que la raie 6152 apparaît aussi intense, sur les clichés, que la raie 5461 du mercure [1]. Dans les autres régions, on constate une diminution d'intensité des raies 3802, 4108 et 4916 de la série fine de raies isolées, ainsi que de légères variations d'intensité relative de certaines raies de combinaisons.

Le spectre d'étincelle subit une modification encore plus profonde. Les raies 2848, 2916 et 3984 sont *considérablement renforcées* en présence d'hélium [2]. Le potentiel appliqué étant égal à 22 volts et la pression d'hélium voisine de $0^{mm},3$, la raie 2848 est déjà plus intense que la raie d'arc 2857, tandis qu'avec la vapeur de mercure pure, ces deux raies ne deviennent également intenses que vers 30 volts. Le renforcement des trois raies indiquées est encore beaucoup plus net pour une pression d'hélium de quelques millimètres. Les autres raies d'étincelle paraissent plutôt moins intenses en présence d'hélium; en particulier, la raie 4797 ne peut être distinguée sur les clichés relatifs à une pression de quelques millimètres.

Ces observations peuvent être rapprochées de celles de Merton relatives au second spectre de l'hydrogène [3], et de celles de Collie et Watson, qui ont constaté une action sélective de l'hélium sur certaines raies du spectre du cadmium [4].

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur les anomalies de dilatation des verres.* Note de M. **Pierre Lafon**, présentée par M. H. Le Chatelier.

Au cours de recherches sur la dilatation des émaux pour tôles, j'ai rencontré deux anomalies dont l'étude fera l'objet de la présente Note. Les mesures ont été effectuées par la méthode différentielle de M. Chevenard

---

(1) L'apparition de la raie 6152 du mercure en présence d'hélium a été déjà constatée par Collie (*Proc. Roy. Soc.*, t. 71, 1903, p. 25). D'autre part, Horton a montré qu'en changeant convenablement les conditions d'excitation du spectre du mercure, donné par des tubes à vide, on pouvait faire disparaître les raies 6073, 6124, 6234 et 6716 et faire apparaître la raie 6152 (*Proc. Roy. Soc.*, t. 85, 1911, p. 288).

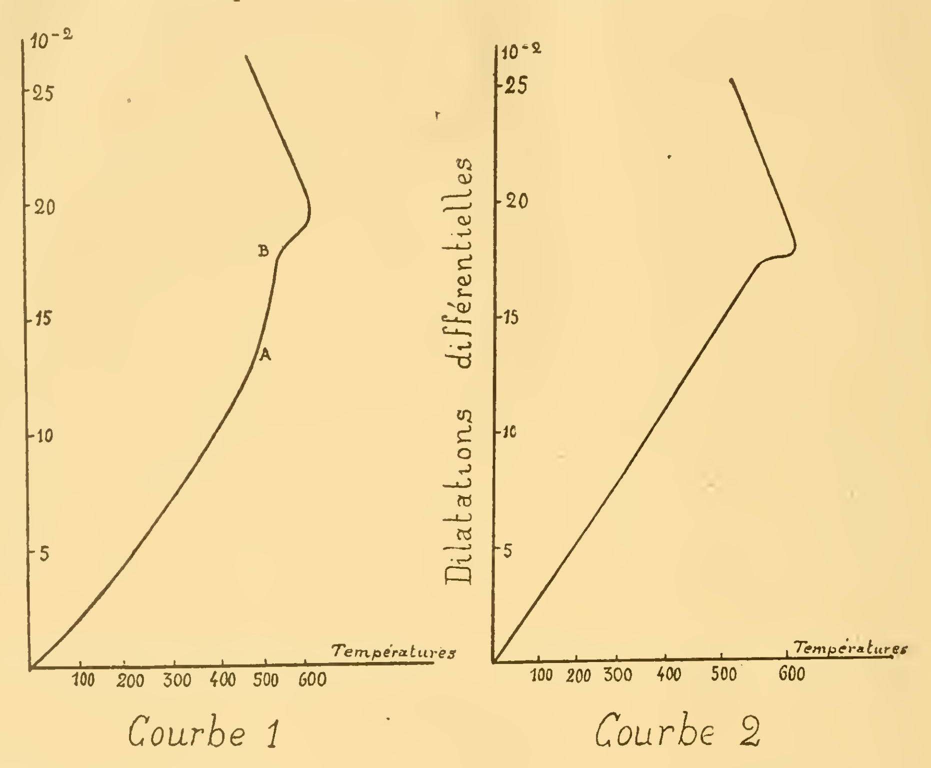
(2) Les raies 2848 et 3984 s'affaiblissent l'une et l'autre par la self-induction (Huff, King, Hagenbach et Konen).

(3) *Proc. Roy. Soc.*, t. 96, 1920, p. 382, et *Phil. Trans.*, t. 222, 1922, p. 369.

(4) *Proc. Roy. Soc.*, t. 95, 1918, p. 115.

sur des échantillons de 46^{mm} comparés à une tige d'acier doux de même longueur [1].

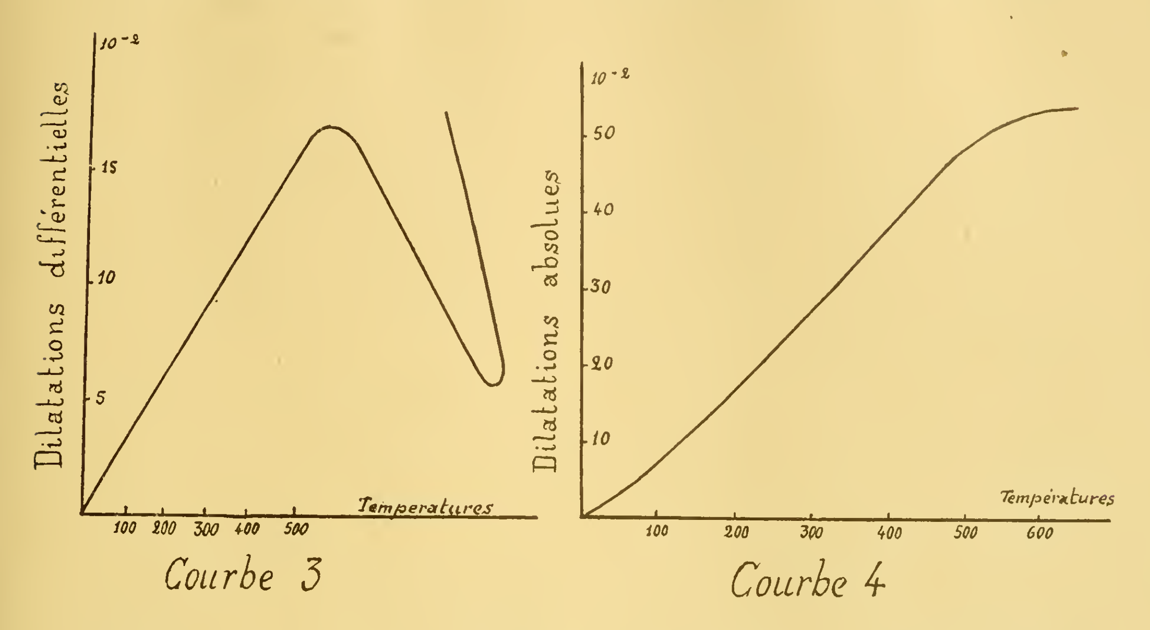
Les courbes de dilatation des verres enregistrées avec cet appareil présentent quatre régions nettement distinctes : au début une partie rectiligne dont l'inclinaison dépend de l'écart entre la dilatation du verre et celle de



la tige témoin; cette inclinaison permet de calculer le coefficient moyen de dilatation du verre dans l'intervalle de température correspondant. La courbe présente ensuite une bosse correspondant à une dilatation plus faible de l'échantillon. Cette anomalie est particulièrement marquée sur la courbe 1 (en AB), reproduction de la courbe enregistrée avec un échantillon de verre ordinaire étiré au laboratoire sans précautions spéciales et par suite partiellement trempé. Puis la courbe descend rapidement pendant un intervalle de température plus ou moins considérable suivant la nature

(1) Pour faciliter le montage des baguettes de verre, j'ai interverti l'emplacement de l'étalon et de l'échantillon; ce qui ne change rien aux résultats mais complique les calculs.

du verre, très faible avec le verre précédent, considérable au contraire sur la courbe 3, se rapportant à un crown d'optique. Enfin la courbe se relève



Courbe 3

Courbe 4

verticalement au moment où l'échantillon est assez ramolli pour s'écraser sous la pression de quelques grammes exercée par le ressort d'appui de l'appareil.

Anomalie de recuit. — La première anomalie correspondant à une diminution de la dilatation ou, si l'on veut, à une contraction venant se superposer à la dilatation thermique est irréversible, c'est-à-dire qu'au refroidissement le phénomène inverse ne se produit pas, on ne constate aucune dilatation anormale venant compenser une partie de la contraction thermique. Cette anomalie est due au recuit du verre, c'est-à-dire à l'annulation des tensions internes amenée par de légères déformations qui se produisent lorsque le verre arrive dans sa période de malléabilité. La courbe 2 correspondant au même verre que la courbe 1, mais après recuit complet, ne présente plus aucune anomalie. Dans une tige de verre trempé par refroidissement à l'air, la surface est en compression et l'intérieur en tension; on sait d'ailleurs que la compression superficielle par unité de section est supérieure à la tension interne. Le fait que la tige se contracte montre que les parties en compression cèdent les premières. Cela s'explique aisément, si l'on admet que la limite élastique du verre est la même à la tension et à la compression, comme cela a lieu dans les métaux. Dans

l'échantillon de verre examiné ici, la contraction a été égale à 0,03 pour 100 de la longueur totale de l'échantillon.

Anomalie réversible. — La dilatation parfois importante qui se produit avant d'atteindre le point d'affaissement est réversible; c'est-à-dire qu'au refroidissement elle est remplacée par une contraction correspondante. L'intensité du phénomène varie beaucoup d'un verre à l'autre. Dans l'émail pour tôles émaillées et pour certains verres spéciaux d'optique, le changement de dimension atteint et dépasse 0,4 pour 100 de la longueur de l'échantillon, tandis que pour le verre ordinaire il reste inférieur à 0,04 pour 100. Pour les verres correspondant aux courbes 1 et 3, en regard de leur composition on trouvera la valeur du changement de dimension et la température à laquelle il se produit.

	SiO^2.	K^2O.	Na^2O.	CaO.	FeO.	Al^2O^3.	BoO^3.	AsO^3.	PbO.	T.	Chang. pour 100.
Verre 1...	67	//	10	16	3	4	//	//	//	600°	0,04
Verre 3...	72	4,69	10,33	1,21	//	1,41	10	0,36	//	550	0,4
Flint....	25,81	3,17	1,37	//	//	//	//	0,13	69,52	400	0,1

Lorsque nos recherches étaient achevées, nous avons eu connaissance d'un travail de Lebedeff qui signale le même phénomène et l'attribue à la transformation réversible du quartz; il se base sur ce que, dans le verre étudié par lui, la transformation en question se produit à 570°, comme celle du quartz. C'est là une explication inadmissible; dans le verre la silice est entièrement à l'état amorphe comme le prouve son faible coefficient de dilatation. D'ailleurs dans les verres et émaux étudiés ici, l'anomalie descend parfois jusqu'à 400°.

C'est une transformation allotropique de la silice amorphe, analogue à celle que l'on observe dans le soufre fondu. Elle explique l'absorption de chaleur latente souvent signalée pendant l'échauffement des verres au voisinage de la température de recuit. Peut-être l'existence de cette transformation est-elle la cause des phénomènes de double réfraction observés par Lord Rayleigh dans la silice vitreuse. Une transformation incomplète au refroidissement peut occasionner des tensions internes qui disparaissent par la trempe, la silice gardant alors entièrement l'état stable aux températures plus élevées.

CHIMIE PHYSIQUE. — *La réduction et la disparition des efforts internes dans les aciers, par réchauffage suivi de refroidissement lent.* Note de M. **A. Portevin**, présentée par M. Henry Le Chatelier.

Les traitements qu'on fait subir aux aciers sont générateurs d'efforts internes persistant après ces opérations; la déformation subie, d'origine mécanique ou thermique, n'est en effet jamais uniforme dans toute la masse, car cette condition implique à la fois l'homogénéité de la matière, celle de la déformation et l'égalité de température en tous les points.

Il est presque toujours utile, et souvent nécessaire, de faire disparaître ou d'atténuer ces efforts internes résiduels en raison des conséquences fâcheuses qu'ils peuvent entraîner (déformations lors de l'usinage, mauvaise résistance en service, dégradation et fissuration sous l'effet des variations de température et de la corrosion chimique, etc.).

D'une manière générale, on procède dans ce but par recuit, c'est-à-dire par un chauffage suivi d'un refroidissement suffisamment lent; en particulier c'est un des effets du revenu après trempe des aciers. Mais ce revenu ne doit pas, à cet égard, être terminé par un refroidissement rapide, créateur d'efforts internes ainsi que nous l'avons montré antérieurement (1); nous avons d'ailleurs également indiqué l'influence des divers facteurs qui interviennent alors (2).

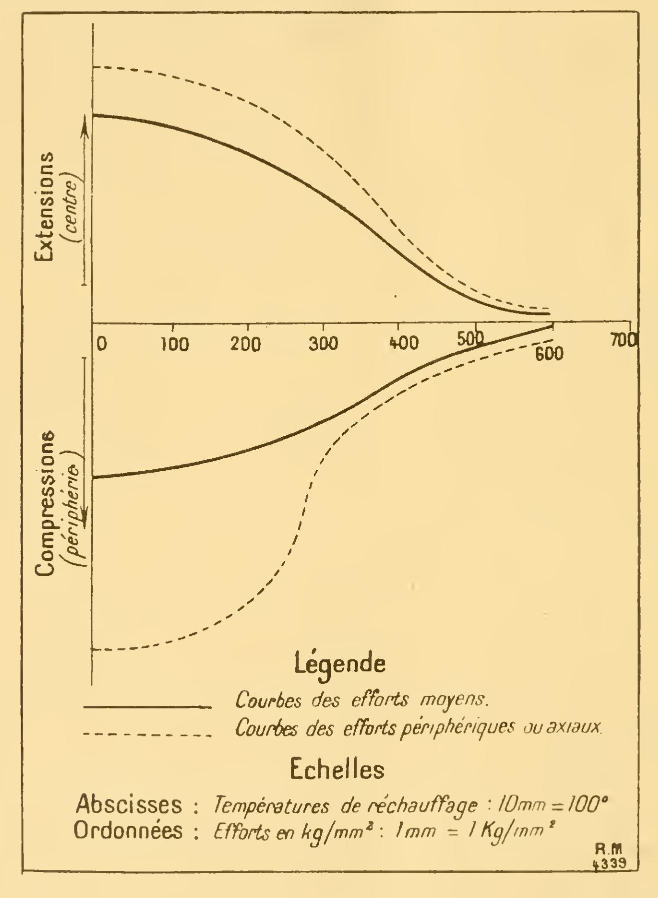
Il reste donc à voir comment disparaissent les efforts internes en fonction de la température de chauffage. Dans les expériences signalées ici, nous avons suivi la réduction des efforts internes longitudinaux dans des cylindres d'acier par chauffages à des températures croissantes suivis de refroidissements lents.

Dans une même barre en acier dur ($C = 0,7$ pour 100; $Mn = 0,3$ pour 100; $Si = 0,2$ pour 100), on a préparé des cylindres de 30^{mm} de diamètre préalablement recuits avant finition d'usinage, et dans lesquels on a déterminé un même état d'efforts internes, par immersion dans l'eau froide (14°) après séjour de 1 heure dans un bain de sel à 650°. Cette dernière température avait été choisie inférieure au point de transformation de manière à ne pas entraîner de trempe physico-chimique; les variations de volume qui accompagnent, dans ce dernier cas, les transformations au cours de la

(1) A. Portevin, *Comptes rendus*, t. 167, 1918, p. 531.
(2) A. Portevin, *Comptes rendus*, t. 169, 1919, p. 955.

trempe ou du revenu venant compliquer les phénomènes, et la détermination des tensions internes sur aciers trempés se heurtant à des difficultés expérimentales considérables.

Ces cylindres ont été ensuite réchauffés respectivement à diverses températures par séjour de 1 heure dans un bain de sel porté successivement à 200°, 250°, 300°, 350°, 400°, 500° et 600°, et puis refroidis très lentement dans les cendres.



La détermination des efforts internes longitudinaux a été faite comme il est indiqué dans nos Communications précédentes; les variations de longueur étant mesurées au comparateur à traits sur quatre génératrices des cylindres à température sensiblement constante (17° ± 2°), les traits étant distants de 130^{mm}.

Les résultats des mesures et calculs ont permis de tracer, pour chaque température de rechauffage, les courbes de répartition des efforts internes

longitudinaux, desquelles on a déduit les valeurs maxima des efforts internes périphériques et centraux qui sont représentés graphiquement en fonction de la température sur la figure 1, en même temps que les valeurs des efforts moyens (¹).

On voit qu'avec une durée de chauffage de 1 heure (²), les efforts internes longitudinaux sont déjà amoindris de près d'un quart de leur valeur initiale à 200° et de moitié de leur valeur à 350°. La réduction des efforts débute donc, lors du revenu de l'acier, à des températures inférieures à celles auxquelles la dureté commence à diminuer d'une manière sensible et nettement plus basses que celle de 550° où disparaît l'écrouissage, d'après les travaux de Goerens.

On peut donc arriver, par des revenus à basse température, à atténuer les efforts internes tout en conservant la haute dureté acquise par la trempe; d'où l'utilité de ces traitements pour les pièces d'outillage et également, dans un autre ordre d'idées, la stabilisation des dimensions des calibres et jauges de précision par étuvage.

Lorsque la température de réchauffage atteint 600°, les efforts internes sont, dans les conditions expérimentales adoptées, ramenés à des valeurs de l'ordre de 1 km : mm^2, c'est-à-dire pratiquement nuls, d'une grandeur comparable à celle des erreurs expérimentales. Il est donc inutile, comme cela a été souvent indiqué, de recourir dans ce but à des températures très élevées.

Ces conclusions sont entièrement d'accord avec celles déduites par M. Chevenard de ses expériences sur la viscosité des aciers aux températures élevées (³); expériences entreprises de concert avec les présentes pour acquérir des données sur le même sujet par deux voies différentes. Des études analogues sont poursuivies sur d'autres alliages, et notamment les laitons.

(¹) Nous appellerons effort moyen de compression ou d'extension, l'effort de compression ou d'extension supposé uniformément réparti sur toute la surface d'application : c'est l'ordonnée moyenne des parties négative et positive de la courbe de répartitions des efforts.

(²) La période d'échauffement, c'est-à-dire la période à température variable ascendante, est très courte lors du chauffage dans le bain de sel et peut être, dans le cas présent, négligée vis-à-vis de la durée de la période à température constante. [Voir données numériques dans notre *Étude sur l'influence du temps de chauffage avant trempe* (*Bull. Soc. Enc.*, t. 121, 1914, p. 207).]

(³) *Comptes rendus*, t. 169, 1919, p. 712.

CHIMIE MINÉRALE. — *Sur une sulfatation spontanée des pierres calcaires dans les centres urbains.* Note de MM. **André Kling** et **D. Florentin**, présentée par M. A. Haller.

Il y a 18 mois, à la suite de détériorations suspectes, constatées sur un monument funéraire, édifié au cimetière du Père-Lachaise, nous avons recherché la cause initiale de l'altération subie par le calcaire utilisé (Calcaire à entroques d'Euville).

A cet effet, nous ne nous sommes pas contentés d'examiner les débris ayant subi cette altération, mais, en outre, nous avons recherché si d'autres monuments voisins, également taillés dans des calcaires, ne présenteraient pas, eux aussi, des altérations du même genre. Or nous avons reconnu qu'on rencontrait celles-ci assez fréquemment, non seulement sur les monuments du cimetière du Père-Lachaise, mais aussi sur nombre d'autres situés en différents points de l'agglomération parisienne.

Les analyses chimiques que nous avons effectuées simultanément sur les parties altérées, empruntées à divers monuments du Père-Lachaise et sur les parties des mêmes pierres demeurées saines, nous ont prouvé, sans doute possible, que l'altération subie par le calcaire correspondait à une sulfatation. Ceci ressort des résultats résumés dans le Tableau ci-dessous :

Tableau I.

	Premier Monument. — Parties				Chapiteau du colombarium. — Partie		Monument funéraire. — 48e division
	saines.		effritées.				
Nature des éléments dosés.	1er Éch.	2e Éch. (cœur).	1er Éch.	2e Éch.	saine.	effritée.	(Marbre effrité).
Humidité à 105°	0,07	0,10	0,30	0,30	0,30	0,80	1,25
$CO^2 + H^2O$ comb....	44,05	44,75	44,70	43,80	43,80	33,20	42,14
CaO	55,25	55,00	52,86	53,56	54,66	46,10	52,35
$Al^2O^3 + Fe^2O^3$......	0,17	traces	0,25	0,25	0,40	1,20	0,29
SiO^2...............	0,27	traces	0,65	0,45	0,35	3,80	0,99
SO^3	0,14	0,03	1,12	1,54	0,54	10,70	2,98

En outre, nous avons pu également nous procurer des fragments de plusieurs monuments parisiens présentant, eux aussi, des dégradations spontanées plus ou moins marquées.

L'analyse de ces fragments nous a fourni les résultats suivants :

	Sainte-Chapelle.		Cluny.		La Trinité.		Notre-Dame.	
	Cœur de la pierre.	Pierre désagrégée.	Cœur de la pierre.	Pierre désagrégée.	Pierre saine.	Pierre désagrégée.	Pierre saine.	Pierre désagrégée.
Perte au rouge (CO^2+H^2O).	40,96	39,66	41,85	33,90	40,90	38,10	41,25	42,03
Chaux (CaO)..	52,80	47,25	52,00	38,35	49,12	44,75	51,50	51,00
$Al^2O^3+Fe^2O^3$.	0,30	1,33	0,90	0,40	1,17	1,85	0,35	0,40
SiO^2	4,99	5,24	5,10	12,85	6,75	9,55	6,30	5,80
SO^3..........	0,42	5,69	0,17	14,61	1,88	5,75	0,60	0,78

Ces analyses montrent que, sauf en ce qui concerne les fragments provenant de Notre-Dame, la désagrégation des calcaires est accompagnée d'une sulfatation très nette. De plus, dans nombre de cas, nous avons observé que le point de départ de l'altération des calcaires correspondait aux portions recouvertes de « calcin », enduit noirâtre qui s'amasse aux saillies des surfaces soustraites à l'action de la pluie. Il est vraisemblable que ce calcin joue un rôle déterminant important dans la production de ces altérations.

Voici d'ailleurs les analyses des enduits recueillis sur les monuments suivants :

	Sainte-Chapelle.	Cluny.	Cluny (poussières).	Trinité.
Humidité..................	53,58	6,63	2,70	2,07
Perte au rouge.............		24,40	34,90	29,89
CaO........................	16,20	28,24	41,21	37,97
$Al^2O^3+Fe^2O^3$..............	6,50	2,14	2,20	1,97
SiO^2 et silicates insolubles....	23,85	8,87	12,68	10,51
SO^3........................	20,78	29,74	6,31	17,48

Le calcin est donc constitué essentiellement par un mélange de matières organiques, de silice, de sulfate de chaux auxquels s'associe parfois du carbonate de chaux. L'absence presque complète de ce dernier sel, observée dans certains cas, ne peut s'expliquer qu'à la faveur d'un processus de sulfatation très actif dont il aurait été le siège et qui aurait eu pour effet de transformer en sulfate le carbonate qu'il renfermait originairement (1).

D'où provient l'acide sulfurique qui attaque ainsi les pierres calcaires? Évidemment de l'atmosphère où il se forme aux dépens de l'anhydride sul-

(1) Il y a lieu de remarquer que, dans la construction des portions extérieures des monuments auxquels nous avons emprunté nos échantillons de calcin, il n'entre pas de plâtre.

fureux, lequel se rencontre dans l'air des villes ainsi que plusieurs auteurs l'ont déjà montré.

Cet anhydride sulfureux est fixé et entraîné par les eaux de pluie et par la neige; aussi parfois les eaux météoriques sont-elles, dans les centres industriels, assez riches en sulfate et même en acide sulfurique.

C'est à l'action de l'anhydride contenu dans l'atmosphère et dans les eaux de pluie, action parfois exaltée par quelque effet catalytique, qu'il faut attribuer l'attaque du carbonate de chaux, assez soluble, cimentant entre eux les grains des calcaires et la désagrégation consécutive de ces derniers.

La houille renferme en moyenne 1 pour 100 de soufre; or, dans la région parisienne, la consommation de houille atteint 8 millions de tonnes; il s'ensuit que la combustion du soufre que renferme cette houille détermine la production d'une quantité de SO^2, correspondant à 240000 tonnes de SO^4H^2.

Aussi, en ne nous plaçant qu'au seul point de vue de la conservation des monuments, y aurait-il un sérieux inconvénient à laisser augmenter inconsidérément dans les centres urbains la consommation de houille crue. Il serait souhaitable que l'énergie soit produite loin des grandes agglomérations et que la houille et le coke n'y soient utilisés, dans la mesure du possible, que pour les usages purement thermiques.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur la transposition semipinacolique des alcoylhydrobenzoïnes; influence des radicaux alcoylés.* Note de MM. **Tiffeneau** et **Orékhoff**, présentée par M. Haller.

On sait que les alcoylhydrobenzoïnes, soumises à l'action des acides, se déshydratent en se transformant en alcoyldiphénylacétaldéhydes par élimination de l'oxhydryle tertiaire et migration du phényle voisin de la fonction alcool secondaire (transposition hydrobenzoïnique) :

$$(1)\qquad \begin{matrix} C^6H^5 - \underset{R\diagup}{C}OH - CHOH - C^6H^5 \end{matrix} \rightarrow \begin{matrix} C^6H^5\diagdown \\ C^6H^5 - C - CHO. \\ R\diagup \end{matrix}$$

Sous l'action de l'acide sulfurique concentré elles se transforment, au

contraire, soit en alcoyldésoxybenzoïnes sans transposition :

$$\text{(II)}\qquad \begin{matrix}C^6H^5\\R\end{matrix}\!\!>C\,OH-CH\,OH-C^6H^5 \rightarrow \begin{matrix}C^6H^5\\R\end{matrix}\!\!>CH-CO-C^6H^5,$$

soit en diphénylalcoylcétones avec transposition semipinacolique; il y a, dans ce cas, élimination de l'oxhydryle secondaire et migration du phényle voisin de la fonction alcool tertiaire :

$$\text{(III)}\qquad \begin{matrix}C^6H^5\\R\end{matrix}\!\!>CO\,H-CH\,OH-C^6H^5 \rightarrow R-CO-CH<\begin{matrix}C^6H^5\\C^6H^5\end{matrix}.$$

On voit que, dans les réactions (I) et (II), il y a élimination de l'oxhydryle tertiaire, tandis que dans la réaction (III) c'est l'oxhydryle secondaire qui s'élimine ou, ce qui revient sensiblement au même, c'est l'oxygène de l'oxhydryle tertiaire qui persiste.

Mais, tandis que l'on ne peut opposer la réaction (III) à la réaction (I) parce que les réactifs qui interviennent dans les deux cas sont différents, on peut au contraire comparer cette même réaction (III) avec la réaction (II) puisque ces réactions sont produites l'une et l'autre par le même réactif et que les différences de comportement ne sauraient être conditionnées que par la nature des radicaux substituants.

Cette influence des radicaux substituants peut être telle qu'elle modifie la capacité de saturation des deux oxhydryles et qu'elle rende moins stable tantôt l'un, tantôt l'autre de ces oxhydryles. Tout revient donc à examiner, comme l'ont fait Meerwein ainsi que l'un de nous [1], l'influence des divers radicaux sur la stabilité des oxhydryles et sur le sens de la déshydratation.

Une première donnée nous est fournie par la méthylhydrobenzoïne et par la benzylhydrobenzoïne. Tandis que sous l'influence de l'acide sulfurique concentré cette dernière [2] se transforme avec transposition semipinacolique d'après le schéma (III), la méthylhydrobenzoïne se déshydrate d'après le schéma (II), c'est-à-dire sans transposition.

Ainsi ces deux glycols constituent deux cas nettement opposés et l'examen des glycols intermédiaires à chaîne normale, étudiés par nous-mêmes ou sous notre direc-

---

(1) MEERWEIN, *Liebigs Ann.*, t. 419, 1919, p. 121. — ORÉKHOFF, *Bull. Soc. ch.*, 4e série, t. 25, 1919, p. 9.

(2) ORÉKHOFF, *Bull. Soc. ch.*, 4e série, t. 25, 1919, p. 108. — ORÉKHOFF et TIFFENEAU, *Bull. Soc. ch.*, 4e série, t. 31, 1922, p. 253.

tion (¹) nous montre que ces glycols intermédiaires viennent se placer régulièrement entre les deux cas extrêmes signalés ci-dessus; leur déshydratation fournit en effet un mélange des produits correspondant aux schémas (II) et (III). On pourrait en conclure que la stabilité des oxhydryles est fonction du poids moléculaire du radical substituant, mais la comparaison entre la butyl- et l'isobutylhydrobenzoïne (²) nous montre que ces glycols se déshydratent par SO^4H^2 concentré, le premier, tout à la fois par les schémas (II) et (III), et le deuxième exclusivement d'après le schéma (II). Si l'on formule ces radicaux d'après la notation de Meerwein, on voit que, contrairement au butyle normal $CH^3 - CH^2 - CH^2 - CH^2 -$ qui possède une faible capacité de saturation l'isobutyle $\begin{matrix} CH^3 \\ CH^3 \end{matrix}\!\!> CH - CH^2 -$ est un radical à forte capacité de saturation.

Si l'on compare à ce point de vue les divers radicaux, on voit que ceux à forte capacité de saturation c'est-à-dire ceux qui laissent peu d'affinité pour l'oxhydryle qui est attaché au même carbone $\left(\text{méthyle } CH^3 -, \text{ isobutyle } \begin{matrix} CH^3 \\ CH^3 \end{matrix}\!\!> CH - CH_2 -, \text{ phényle } C^6H^5 - \right)$ fournissent des hydrobenzoïnes se déshydratant exclusivement d'après le schéma (II).

Au contraire, ceux à faible capacité de saturation comme le benzyle, tendent à augmenter la stabilité de l'oxhydryle tertiaire voisin; dans ce cas, c'est l'oxhydryle de la fonction alcool secondaire qui s'élimine et la réaction a lieu exclusivement suivant le schéma (III).

C'est ainsi que fonctionnent les alcoylhydrobenzoïnes nouvelles que nous avons étudiées, alcoylhydrobenzoïnes dans lesquelles les radicaux substituants $\left(\text{isopropyle } \begin{matrix} CH^3 \\ CH^3 \end{matrix}\!\!> CH -, \text{ et cyclohexyle } \begin{matrix} -CH^2 \\ -CH^2 \end{matrix}\!\!> CH - \right)$ sont tous à très faible capacité de saturation.

Les radicaux à capacité de saturation intermédiaire, moyenne ou faible $\left(\text{éthyle } CH^3 - CH^2 -, \text{ propyle } CH^3 - CH^2 - CH^2 -, \text{ butyle } CH^3 - CH^2 - CH^2 - CH^2 -, \text{ isoamyle } \begin{matrix} CH^3 \\ CH^3 \end{matrix}\!\!> CH - CH^2 - CH^2 - \right)$, donnent, comme nous l'avons rappelé ci-dessus, ou nouvellement observé, un mélange de chacun des produits fournis par les schémas (II) et (III).

Ces résultats sont suffisamment concordants pour admettre que, dans certaines conditions, suivant la nature des radicaux alcoylés substituants et suivant la qualité du réactif déshydratant, l'oxhydryle secondaire des alcoylhydrobenzoïnes puisse, contrairement à la règle générale, devenir moins stable que l'oxhydryle tertiaire.

(¹) Tiffeneau et Orékhoff, *Bull. Soc. ch.*, 4ᵉ série, t. 29, 1921, p. 427. — F. Billard, *Bull. Soc. ch.*, 4ᵉ série, t. 29, 1921, p. 429.

(²) Billard, *loc. cit.*, p. 440. — Orékhoff, *Bull. Soc. ch.*, 4ᵉ série, t. 25, p. 185-186.

C'est là une propriété curieuse qui ne se manifeste surtout qu'en présence de l'acide sulfurique concentré et que l'on pourrait expliquer par la fixation temporaire de SO^4H^2 sur l'oxhydryle secondaire, ainsi que l'admet Faworski (¹). Cette addition aurait pour effet de modifier la répartition des affinités, dans le sens exposé ci-dessus.

Normalement, en effet, la capacité de saturation de l'oxhydryle tertiaire est plus faible que celle de l'oxhydryle secondaire, et, spécialement en ce qui concerne les alcoylhydrobenzoïnes, la réaction normale de déshydratation, celle que l'on peut réaliser dans certains cas sans l'intervention d'un réactif mais par la seule action de la chaleur, comporte uniquement l'élimination de l'oxhydryle tertiaire et conduit, comme par l'emploi de l'acide dilué [schéma (I)], à la classique transposition hydrobenzoïnique.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur les alcoylglycérines. Préparation des vinylalcoylcarbinols.* Note de M. **Raymond Delaby**, présentée par M. A. Béhal.

Ces recherches ont eu pour but d'élargir le champ de nos connaissances sur les triols à fonctions contiguës de formule générale

$$R - CHOH - CHOH - CH^2OH$$

que l'on doit considérer comme les véritables homologues de la glycérine ordinaire. En série acyclique, seules la méthylglycérine et l'éthylglycérine sont connues, mais les procédés suivis pour leur obtention ne peuvent constituer une méthode commode de préparation permettant d'en isoler des quantités suffisantes pour l'étude de leurs propriétés.

La voie que j'ai suivie, appliquée aux quatre premiers termes de la série, nécessite encore plusieurs opérations successives; elle présente cependant des avantages incontestables sur les modes de formation proposés jusqu'ici, entre autres un rendement moyen de 60 pour 100 de la quantité théorique à partir des vinylalcoylcarbinols qui servent de matière première.

La méthode consiste à condenser les composés organomagnésiens avec l'acroléine devenue si accessible à la suite des travaux de M. Moureu et de ses élèves (²) qui l'ont stabilisée, ce qui conduit aux alcools secondaires non

(¹) Faworski, *Journ. f. prakt. Ch.*, 2ᵉ série, t. 88, 1913, p. 480.

(²) Ch. Moureu, A. Lepape, Ch. Dufraisse et P. Robin, *Comptes rendus*, t. 169, 1919, p. 621, 705, 885 et 1068, etc.

saturés de la forme $R - CHOH - CH = CH^2$. Par fixation d'une molécule de brome sur la double liaison, on passe aisément aux dibromhydrines des alcoylglycérines. Ces dernières s'obtiennent alors en transformant intermédiairement les dibromhydrines en diacétines, que l'on hydrolyse en milieu aqueux et sous pression ou, plus simplement, que l'on alcoolyse par l'alcool méthylique.

Le schéma suivant rend compte de ces différents stades :

$$CH^2 = CH - CHO \xrightarrow{RMgX} CH^2 = CH - CHOH - R \xrightarrow{Br^2} CH^2Br - CHBr - CHOH - R$$
$$\xrightarrow{CH^3 - CO^2K} CH^2(O.CO.CH^3) - CH(O.CO.CH^3) - CHOH - R.$$
$$\xrightarrow{H^2O} CH^2OH - CHOH - CHOH - R.$$

Cette Note comprend le premier temps de cette synthèse, la préparation des vinylalcoylcarbinols, composés également peu connus, et, en outre, l'étude de leurs propriétés principales.

Vinylalcoylcarbinols. — Le vinylméthylcarbinol a déjà été obtenu par Wohl et Losanitsch[1], par condensation vers 0°, d'un excès d'acroléine avec l'iodure de méthyle-magnésium. Trois auteurs ont préparé le vinyléthylcarbinol : Wagner[2] condensa l'acroléine avec le zinc-éthyle; plus tard, Kohler[3] utilisa le bromure d'éthyle-magnésium dans la proportion de $1^{mol},8$ de ce composé pour un 1^{mol} d'acroléine; M. Lespieau[4] a répété l'expérience précédente « avec des rendements pas très élevés ».

J'ai employé également les organomagnésiens; les expériences effectuées dans le but de déterminer les proportions d'organomagnésien et d'acroléine à mettre en œuvre pour la meilleure utilisation possible de cet aldéhyde montrent que, pratiquement, on obtient des résultats très satisfaisants en condensant molécule à molécule. Mais, il est indispensable de tenir compte des remarques suivantes dont l'exposé détaillé paraîtra dans un autre Recueil :

Refroidissement intense et uniforme de la réaction fortement exothermique; élimination de toute trace d'acide après décomposition du complexe; séchage au sulfate de soude anhydre; distillation de l'éther au moyen d'un rectificateur très efficace; première rectification du produit de la réaction dans le vide pour séparer des fractions à

---

(1) A. Wohl et M. S. Losanitsch, *Ber.*, t. 41, 1908, p. 3621.

(2) E. Wagner, *J. Soc. Ph. Ch. russe*, t. 16, 1884, p. 319; *Bull. Soc. chim.*, 2e série, t. 42, 1884, p. 330.

(3) E.-P. Kohler, *Am. Chem. Journ.*, t. 38, 1907, p. 525.

(4) R. Lespieau, *Comptes rendus*, t. 152, 1911, p. 880.

point d'ébullition élevé (ces fractions analysées sont vraisemblablement constituées par des polymères des alcools formés); nouvelle dessiccation à la baryte anhydre; dernière rectification à la pression ordinaire.

Les opérations étant ainsi conduites, les rendements suivants peuvent être atteints :

	Pour 100.	Éb.
Vinylméthylcarbinol	29	94°-96°
Vinyléthylcarbinol	48-50	114-118
Vinylpropylcarbinol	41	133-134
Vinylbutylcarbinol	35	153-156

J'ai réuni ci-dessous les principales constantes physiques que j'ai déterminées, en y ajoutant les résultats publiés antérieurement.

	Éb.	Densités.	Densités.	Indices de réfraction.	Pouvoir réfringent moléculaire trouvé.	Pouvoir réfringent moléculaire calculé (1)
Vinylméthylcarbinol	96°-97° (2) 94-96	D_4^0 : 0,854	$D_4^{22°}$: 0,835	$N_D^{26°,5}$: 1,4087	21,38	21,73
Vinyléthylcarbinol	114-114,5 (3) 114-116 (4) 37° sous 20mm	D^0 : 0,856 (3) D_4^0 : 0,856	$D_0^{19°,5}$: 0,840 (3) $D_4^{22°}$: 0,839	$N_D^{27°,5}$: 1,4182	25,96	26,34
Vinylpropylcarbinol	133,5-134	D_4^0 : 0,851	$D_4^{22°}$: 0,834	$N_D^{26°}$: 1,4215	30,52	30,96
Vinylbutylcarbinol	153,5-154	D_4^0 : 0,852	$D_4^{22°}$: 0,835	$N_D^{24°}$: 1,4275	35,13	35,58

Par la même méthode, il n'a été possible que d'isoler des traces de vinylnonylcarbinol, caractérisé par l'analyse de son dibromure, à côté de proportions notables de nonane, de nonène-1 et d'octadécane.

Allophanates. — Ces alcools donnent avec facilité des allophanates bien cristallisés par le procédé commode imaginé par M. Béhal (5).

	Points de fusion.
Allophanate de vinylméthylcarbinol	151°-152°
» *de vinyléthylcarbinol*	152-153
» *de vinylpropylcarbinol*	139,5-140
» *de vinylbutylcarbinol*	156,5-157

(1) Au moyen des réfractions atomiques déterminées par Roth et Eisenlohr (*Refraktometrisches Hilfsbuch*, Leipzig, 1911).

(2) A. Wohl et M. S. Losanitsch (*loc. cit.*).

(3) E. Wagner (*loc. cit.*).

(4) E.-P. Kohler (*loc. cit.*).

(5) A. Béhal, *Bull. Soc. chim.*, 4e série, t. 25, 1919, p. 473.

Dédoublement du vinylbutylcarbinol en ses isomères optiques. — Pour cet essai, j'ai eu recours à une méthode due à Pickard et Kenyon [1], et qui consiste à transformer l'alcool en éther phtalique acide que l'on combine à la strychnine ; le sel alcaloïdique est soumis à la cristallisation fractionnée dans l'acétone. Des sels isolés, on fait retour aux phtalates acides par addition d'ammoniaque à la solution des sels dans l'alcool faible, puis, après filtration de la strychnine, par acidification avec de l'acide chlorhydrique. On saponifie par la potasse les éthers acides et entraîne à la vapeur les alcools optiquement actifs; il suffit d'extraire à l'éther et d'éliminer le solvant.

L'alcool isolé de cette manière à partir du sel le moins soluble recristallisé jusqu'à rotation sensiblement constante présente un pouvoir rotatoire

$$\alpha_D = -23^\circ,3.$$

CHIMIE ORGANIQUE. — *Les acyl-aminoanthraquinones comme couleurs à cuve.* Note de M. E. GRANDMOUGIN, présentée par M. A. Béhal.

Les acyl-aminoanthraquinones et leurs dérivés fournissent les couleurs à cuve algol dont la composition a été établie, en grande partie tout au moins, par les travaux de l'auteur [2].

On sait, d'autre part, que l'anthraquinone même et ses dérivés hydroxylés et aminés sont parfaitement cuvables [3], c'est-à-dire qu'ils peuvent être transformés par l'hydrosulfite de soude en dérivés leucos solubles dans les alcalis, toutefois il n'y a pas teinture des fibres dans les cuves ainsi produites. Mais dès que l'on introduit des groupes acylés dans les amino-anthraquinones, l'affinité du leuco pour la fibre se manifeste à des degrés différents selon la grandeur et la nature du radical substitué dans le groupe amidé.

Avec l'assistance de MM. Schiaparelli, Sura et Knecht nous avons fait au sujet de cette substitution les observations suivantes qui s'appliquent essentiellement à la teinture des fibres végétales.

La propriété de donner des couleurs à cuve revient surtout aux groupes acides, car les groupes alcoylés ne confèrent pas cette propriété; toutefois

(1) R.-H. PICKARD et J. KENYON, *Chem. Soc.*, t. 99, 1911, p. 45 et suiv.

(2) EUG. GRANDMOUGIN, *Tableau synoptique des couleurs à cuve;* 2e édition, Guebwiller, 1913 (en allemand).

(3) GRANDMOUGIN, *Ber.*, t. 39, 1906, p. 3561.

les dérivés benzylés et nitrobenzylés possèdent une faible affinité pour les fibres. Parmi les dérivés acylés, les glycines ne tirent pas. les dérivés formylés et acétylés faiblement; l'affinité croît avec les dérivés des acides gras bibasiques ([1]) et arrive au plus haut degré avec les dérivés acylés aromatiques, et en particulier l'acide benzoïque dont dérivent la plupart des colorants industriels ([2]).

Si dans les couleurs à cuve contenant en outre du groupe aminoacylé, qui détermine le caractère tinctorial, se trouve encore le groupe hydroxyle, qui agit comme auxochrome, celui-ci est acylé à son tour (acétylé ou benzoylé), la nuance s'éclaircit normalement (hypsochromie), mais, d'une façon générale, le caractère tinctorial du composé se trouve diminué ou même annulé. On peut du reste noter que ni les dérivés acylés des oxyanthraquinones ni ceux des mercaptans de cette série ne possèdent d'affinité prononcée pour les fibres végétales.

Pour se limiter aux dérivés aminobenzoylés, dont l'importance industrielle est prédominante, voici les observations qu'il convient de faire.

L'α-benzoylaminoanthraquinone teint en jaune vif; l'entrée de groupes auxochromes oriente la nuance dans le sens positif (bathochromie); mais il faut remarquer toutefois que les dérivés homonucléiques sont plus colorés que les dérivés hétéronucléiques. Ainsi l'entrée d'un groupe hydroxyle en para du groupe benzoylaminé donne un rose foncé, d'un méthoxyle un écarlate. Mais si l'on acétyle ou benzoyle le groupe hydroxyle de la 1-oxy-4-benzoylaminoanthraquinone, la nuance est éclaircie jusqu'au jaune et le composé ne possède plus le caractère d'une couleur à cuve. De même, en confirmation de ce qui a été dit plus haut, la 1-oxy-acétyl-4-aminoanthraquinone ne teint que faiblement, de même que la 1-méthoxy-4-acétylaminoanthraquinone.

La nuance s'approfondit si l'on introduit deux ou plusieurs fois le groupe benzoylamino dans l'anthraquinone : tel est le cas de la 1.4-dibenzoylaminoanthraquinone, par exemple, qui est un rouge jaunâtre. Mais il est intéressant de signaler que la 1.4-diacétyldiaminoanthraquinone ne teint que faiblement en brun très clair et que la diuréthane (préparée par action de 2^{mol} d'éther chlorocarbonique sur la diaminoanthraquinone) qui est un rouge vif ne peut être cuvée, ce dérivé étant saponifié lors de la réduc-

([1]) Il faut toutefois remarquer qu'il y a doublement de la molécule et que le caractère symétrique du colorant exalte aussi le pouvoir tinctorial.

([2]) Voir en particulier le brevet allemand n° 225232.

tion en milieu alcalin. Il faut noter, à cette occasion, l'effet auxochromique considérable du groupement uréthane, supérieur au groupement benzoylaminé, mais sans applications industrielles, jusqu'à présent.

En introduisant dans la 1.5-dibenzoyldiaminoanthraquinone, qui est un jaune orangé, un groupe hydroxyle en 8, on arrive au rouge, et avec deux hydroxyles, en 4 et en 8, au bleu violet.

L'isomérie des composés influe non seulement sur la nuance mais aussi, fait remarquable, sur le caractère tinctorial; ainsi la dibenzoyldiamidoanthrarufine teint en bleu violet foncé, alors que son isomère, la dibenzoyldiamidochrysazine ne donne, dans les mêmes conditions de teinture, qu'un violet clair. Ce sont là des faits pour lesquels il manque encore, à l'heure actuelle, une explication suffisante.

Lors de la teinture sur cuve, on obtient assez généralement la même nuance sur fibre, que celle qu'offre le colorant à l'état finement divisé, à condition, toutefois, qu'il n'y ait pas saponification, ce qui arrive fréquemment avec les dérivés polyacylés. La teinture peut être démontée par des solvants organiques appropriés ([1]).

Au cours de ces travaux nous avons été amenés à préparer un grand nombre de composés divers, dont les suivants, en collaboration avec M. Schiaparelli, ont été analysés. D'une façon générale, ces corps, obtenus d'après les procédés classiques d'acylation, possèdent un point de fusion élevé et cristallisent très bien dans le xylène, la pyridine ou le nitrobenzène.

	Analyses p. 100 N.			
Acyl-aminoanthraquinones.	Calculé.	Trouvé.	Couleurs.	Teintures.
1-Oxy-4-benzoylaminoanthraquinone...	4,09	4,29	rouge	rouge foncé
1-Acétyloxy-4-benzoylaminoanthraquinone	3,63	3,63	jaune	rose
1-Acétyloxy-4-acétylaminoanthraquinone	4,33	4,46	rouge brun	brun clair
1-Benzoyl-4-benzoylaminoanthraquinone	3,13	3,41	jaune orangé	rose pâle
1-Méthoxy-4-benzoylaminoanthraquinone	3,92	4,12	jaune orangé	écarlate
1-Méthoxy-4-acétylaminoanthraquinone	4,74	4,87	jaune orangé	saumon clair
1.4-Diacétyldiaminoanthraquinone	8,69	8,48	jaune orangé	brun clair
1.4-Dibenzoyldiaminoanthraquinone...	6,27	6,48	rouge jaune	rouge jaune

([1]) *Chimie et Industrie*, t. 6, 1921, p. 592, et t. 8, 1922, p. 305 et 307; *Bull. Soc. chim.*, t. 29, 1921, p. 1027.

Acyl aminoanthraquinones.	Analyses p. 100 N. Calculé.	Trouvé.	Couleurs.	Teintures.
1.5-Dibenzoyldiamino-8-oxyanthraquinone	6,06	6,34	rouge	rouge
1.5-Dibenzoyldiamino-4.8-dioxyanthraquinone	5,83	6,12	bleu violet	bleu violet
1.5-Diacétyldiamino-4.8-dioxyanthraquinone	7,90	7,97	brun orangé	—
1.5-Diacétyldiamino-4.8-diacétyldioxyanthraquinone	6,39	6,50	jaune brun	—
1.5-Dianisyldiamido-4.8-dioxyanthraquinone	5,24	5,41	bleu violet	bleu violet
4.5-Dibenzoyldiamino-1.8-dioxyanthraquinone	5,83	5,74	bleu violet	violet clair
4.5-Diacétyldiamino-1.8-diacétyldioxyanthraquinone	6,39	6,46	rouge brun	—
4.5-Dibenzoyldiamino-4.8-diacétyldioxyanthraquinone	4,98	4,69	jaune brun	—

Toutes ces observations sur le caractère tinctorial et la nuance ne s'appliquent qu'à la teinture du coton et des fibres végétales (soie artificielle par exemple) et non pas à celle des fibres animales, qui se comportent différemment.

CRISTALLOGRAPHIE. — *Action de la chaleur sur les sphérolites à enroulement hélicoïdal.* Note de M. **Paul Gaubert.**

En général, les formes cristallines donnant des sphérolites à enroulement hélicoïdal sont instables; dès qu'on les chauffe, elles passent à une autre modification. J'ai découvert quelques substances donnant des édifices stables jusqu'au point de fusion (hélénine, cholestérine, rhamnose, etc.) permettant d'étudier l'influence de la température sur quelques-unes de leurs propriétés.

L'hélénine ou camphre d'aulnée ($C^{15}H^{20}O^{2}$) se présente en très petits cristaux aciculaires, appartenant très probablement au système orthorhombique. Elle fond à 74° et reste longtemps à l'état de surfusion à la température ordinaire. Son indice de réfraction à l'état liquide est de 1,5305 à 20° et de 1,575 (indice médian) à l'état cristallin.

Au bout d'un temps plus ou moins long, il se produit çà et là dans la masse surfondue quelques centres de cristallisation, donnant naissance à des

sphérolites dont l'accroissement est très lent et qui peuvent atteindre 1^{cm} de diamètre. Ces sphérolites, si la substance cristallise entre deux lames de verre, montrent un très bel exemple d'enroulement hélicoïdal appartenant à deux types : 1° enroulement autour de l'indice moyen n_m; 2° enroulement autour du grand indice n_g.

Dans la plupart des sphérolites, c'est le premier mode qui se produit et comme le pas de l'hélice de l'enroulement est assez grand [entre $0^{mm},5$ et 1^{mm} environ (1)], on a, avec les nicols croisés, une image très nette de deux sortes d'anneaux concentriques, d'inégale biréfringence, correspondant aux bissectrices aiguë (n_p) et obtuse (n_g) séparés par des anneaux beaucoup plus étroits, toujours éteints, dus aux axes optiques.

Mais tous les sphérolites ne sont pas aussi simples, il y en a dans lesquels des fibres partant du centre présentent un enroulement autour de n_g, mais leur ensemble au lieu de former des secteurs, comme dans les sphérolites de cholestérine, d'érythrite inactive, etc., composés de fibres identiques, mais avec un mode d'enroulement différent de celui des secteurs voisins, rappelle la figure d'un lemniscate dont le centre coïncide avec celui du sphérolite. Cette forme est due à ce que sous l'influence des variations de la température, la vitesse d'accroissement des fibres du deuxième type, d'abord plus grande que celle du premier, est devenue ensuite plus faible.

Dans les sphérolites d'hélénine, si la cristallisation s'est produite très lentement et sans trouble, les fibres sont rarement visibles au microscope, aussi en lumière naturelle, la substance paraît être vitreuse. Une telle préparation, chauffée lentement, montre peu à peu une certaine fibrosité, très marquée déjà à 45°, dans les anneaux correspondant à la bissectrice obtuse, par conséquent dans les plus larges. Les fibres ont une direction radiale. L'autre série d'anneaux, correspondant à la bissectrice aiguë, montre, au contraire, une structure très finement granuleuse, visible seulement au microscope, de telle sorte que l'enroulement se montre même à l'œil nu, par suite d'une certaine opacité produite dans les anneaux fibreux. La préparation étant refroidie, ces modifications de structure persistent et même, par suite du fendillement de la substance due au refroidissement, l'opacité est augmentée et l'enroulement devient encore plus manifeste.

Si la préparation est chauffée pendant longtemps (2 jours par exemple) un peu au-dessous du point de fusion, les parties grenues deviennent

---

(1) La grandeur du pas de l'hélice dépend de la vitesse de cristallisation et par conséquent de la température; il diminue avec cette dernière.

aussi fibreuses et, parfois même, il se produit des cristaux aciculaires allongés suivant la direction radiale du sphérolite, ce qui ne peut se produire que par déroulement partiel des fibres primitives invisibles. Parfois il se produit aussi des petites fibres obliques à cette direction, et la considération de leur position, dans l'ensemble des anneaux, indique l'existence de l'enroulement hélicoïdal.

L'action de la chaleur se fait aussi sentir sur les propriétés optiques. A mesure que la température s'élève, la biréfringence, d'abord voisine de 0,020, diminue graduellement, la couleur des anneaux se modifie et dans les préparations dont l'épaisseur est de $\frac{1}{100}$ de millimètre environ, ceux dont le milieu correspond à la bissectrice aiguë deviennent presque noirs et, à première vue, il semble qu'on a affaire à l'enroulement d'un cristal uniaxe; mais l'uniaxie ne se produit pas, l'angle des axes optiques devient seulement un peu plus petit, comme l'indique le rapprochement des anneaux correspondant aux axes optiques.

Par refroidissement, les propriétés optiques reprennent leurs caractères primitifs, mais les modifications de structure persistent, amenant de légers troubles en modifiant par places l'épaisseur et l'orientation des fibres,

La cholestérine ne donne pas d'aussi beaux sphérolites à enroulement que l'hélénine; on est obligé de prendre quelques précautions pour obtenir des anneaux assez larges qui indiquent plusieurs modes d'enroulement. Les deux plus fréquents ont lieu autour de n_m et obliquement à n_p. Ces sphérolites se produisant à une température relativement élevée, la chaleur ne modifie pas d'une manière apparente la structure. Les propriétés optiques varient peu jusqu'à 130°, mais au-dessous de cette température, l'enroulement semble disparaître dans les sphérolites dont les fibres sont enroulées obliquement à n_p. Les anneaux dont la teinte de polarisation est la plus élevée deviennent moins biréfringents et prennent une couleur voisine des autres. Par refroidissement, les anneaux réapparaissent. L'étude optique des sphérolites montre qu'il n'y a pas une orientation nouvelle des fibres mais des variations des valeurs de $(n_g\text{-}n_p)$ et de $(n_g\text{-}n_m)$.

Il résulte donc de ce qui précède que la chaleur peut modifier la structure et les propriétés optiques d'un édifice à enroulement hélicoïdal, modifications pouvant accentuer les caractères de ce dernier.

GÉOLOGIE. — *Note préliminaire sur l'allure générale et l'âge des plissements de la chaîne celtibérique* (*Espagne*). Note de M. H. JOLY.

A la suite des trois Notes que j'ai publiées récemment [1] sur la tectonique de la chaîne celtibérique, il me semble possible d'aborder l'étude de la structure générale de cette chaîne.

On sait que la Meseta espagnole est bordée au Nord par un massif montagneux paléozoïque et mésozoïque qui s'étend de Burgos à Valence, et auquel on a donné le nom de chaîne hespérique et de chaîne ibérique ou celtibérique. Ce massif n'est point en vérité une véritable chaîne de montages mais plutôt une suite de chaînons disposés en séries parallèles et séparées par des plateaux ou des dépressions.

D'une façon générale, les dépressions sont occupées par les couches les plus récentes (Trias, Jurassique, Crétacé, Tertiaire) et les chaînons, par les terrains les plus anciens (Cambrien, Silurien). La région est donc constituée en gros par une alternance d'anticlinaux et de synclinaux d'orientation Sud-Est Nord-Ouest.

Les bandes anticlinales et les régions déprimées qui les séparent sont, du Sud-Ouest au Nord-Est :

1° La bande anticlinale d'Ateca à axe siluro-cambrien (Tornos, Used, Santa-Cruz, Ateca, Alto-Cruz), qui subit vers le Sud-Est un ennoyage sous des terrains secondaires;

2° La dépression de Jiloca (Calatayud, Daroca, Calamocha) occupée en majeure partie par d'épais sédiments miocènes et post-miocènes, et se terminant à chacune de ses extrémités contre des nœuds de plis très complexes affectant des terrains de tous les âges (environs de Montalban au Sud-Est, de Torrelapaja au Nord-Ouest);

3° La bande anticlinale de la Sierra de Vicor (Cabezo de Morés, Paracuellos de la Ribera, Sierra de Inogès, Fombuena, Montalban);

4° L'étroite dépression de Morés (Bua, Morés, Toved, Fombuena) dont l'étroitesse diminue la netteté;

5° La bande anticlinale de la Sierra de Algairon, contre laquelle vient se terminer près de la Almunia, la vaste plaine tertiaire de Saragosse dans sa

---

[1] *Comptes rendus*, t. 174, 1922, p. 820, 1185 et 1474.

partie la plus large. Les sédiments jurassiques sont là refoulés et presque écrasés par le Silurien dont ils élargissent la chaîne;

6° Mais bientôt leurs plis se détendent et dégénèrent en ondulations étalées (sixième bande) dont on retrouve les saillies émergeant çà et là du manteau tertiaire de la grande dépression de l'Èbre;

7° Une de ces saillies, plus importante que les autres, fait émerger de la plaine tertiaire des sédiments siluriens; c'est le chaînon isolé de Tabuenca.

L'époque la plus lointaine de l'histoire des mouvements de l'écorce terrestre dans cette région de l'Espagne à laquelle on puisse atteindre avec certitude est l'époque hercynienne. Les plissements antérieurs au Trias sont en effet très nets. Ils ont vraisemblablement créé tous les grands anticlinaux et synclinaux de la chaîne celtibérique. Mais ces plis, d'après ce que l'on peut déduire de l'aspect actuel des chaînes remaniées au Tertiaire, loin d'être fort accentués, devaient se présenter sous la forme de larges ondulations plus ou moins saillantes, à structure très simple, trop éloignées encore du rivage ou horst septentrional de l'époque pour se dresser et se déverser.

Il règne encore un peu d'incertitude sur l'âge de ces plissements, car les sédiments plus récents que le Coblentzien sont rares et l'on peut penser qu'il a pu se produire déjà des ondulations après le Silurien et avant le Dinantien. L'absence de Permien (étage auquel il serait peut-être possible de rapporter certains grès rouges concordant avec les grès triasiques) ne permet pas non plus de fixer l'âge des plissements. Tout ce que l'on peut dire, c'est que, partout, dans les synclinaux, le Trias repose avec ou sans discordance angulaire sur des terrains beaucoup plus anciens.

Les séries triasiques, jurassiques et crétacées sont en concordance, malgré les lacunes qu'elles peuvent présenter. Étant presque partout fortement redressées et plissées, parfois très contournées, elles ont donc été soumises après le Crétacé à des efforts de plissements qui revêtent un étonnant caractère d'uniformité. Les grandes ondulations hercyniennes ont été maintenues dans leur ensemble; elles ont rejoué sous un violent effort de refoulement vers le Nord, en sorte que tous les flancs septentrionaux des crêtes anticlinales hercyniennes (Cambrien, Silurien, Dévonien) ont refoulé et souvent chevauché les bordures méridionales des bassins synclinaux hercyniens occupés par les terrains triasiques, jurassiques et crétacés. Ceux-ci ont dû se replier sur eux-mêmes et souvent s'écraser pour glisser vers le Nord, courbés sous le joug des sédiments quartzo-schisteux des anticlinaux alors déversés. Il en est résulté, d'une part, la structure en synclinaux couchés et en écailles, que j'ai décrite dans mes Notes précédentes, et, d'autre part, le relèvement

en pente douce et la terminaison en biseau des mêmes sédiments secondaires sur le flanc sud des crêtes anticlinales hercyniennes.

La détermination exacte de l'âge des plissements de cette dernière période ne laisse pas d'être très délicate.

Il n'y a aucun doute que ces plissements ne soient tertiaires car j'ai montré qu'à Montalban le Crétacé tout entier était redressé, même renversé, et, avec lui, la masse de poudingues, d'argiles et de brèches du Tertiaire inférieur. Les mêmes poudingues se retrouvent en de nombreux points et ont été partout plus ou moins fortement redressés (Turruncun, Arnedo). Il n'en est pas de même des sédiments tertiaires du régime laguno-saumâtre qui sont toujours horizontaux ou très faiblement ondulés. Il faut donc placer l'époque du plissement entre les deux époques de sédimentation du Tertiaire, or les conglomérats sont d'âge éocène (moyen et supérieur); Palacios ([1]) en signale d'oligocènes discordants sur l'Éocène et recouverts, en discordance par le Miocène. Quant au régime laguno-saumâtre, il s'est établi dès le début du Miocène.

J'ai montré d'ailleurs ([2]) que la molasse avait été fortement plissée et recouverte de conglomérats éocènes charriés dans la région de Haro. J'ajoute que M. Fallot a signalé à Majorque de l'Oligocène à conglomérats, marnes et calcaires, en discordance sur le Crétacé, et à Minorque des plis antéburdigaliens.

Ainsi tout concorde pour prouver l'existence de grands plissements post-éocènes et antémiocènes effectués en deux étapes : une à la fin de l'Éocène, l'autre à la fin de l'Oligocène. Après quoi l'on ne doit plus enregistrer que des mouvements d'exhaussement asséchant complètement les bassins laguno-lacustres.

En résumé, la chaîne celtibérique, série d'anticlinaux et de synclinaux parallèles, a vu deux grandes périodes de plissements : une hercynienne, une pyrénéenne, cette dernière en deux étapes, et plusieurs mouvements transgressifs et régressifs amenant notamment, aux confins des deux provinces de Soria et de Saragosse, une émersion jurassique, suivie d'un régime de lagunes, d'estuaires, et de mer ouverte durant le Crétacé.

([1]) Palacios, *Descripcion fisica, geologica y agrogeologica de la provincia de Soria* (*Mem. Com. Mapa geol. Esp.*, 1890).

([2]) *Comptes rendus*, t. 174, 1922, p. 1474.

PALÉONTOLOGIE. — *Sur une faune de Mammifères pontiens provenant de la Chine septentrionale.* Note (¹) de M. **Teilhard.**

Dans le courant de l'année 1920, au cours d'une expédition dans la région du Kou-Kou-Noor, le P. Licent, missionnaire au Tché-Li, a récolté une importante série de Mammifères fossiles dont il a, d'accord avec le Service géologique de Pékin, confié l'examen au Laboratoire de Paléontologie du Muséum de Paris. M. le professeur Boule a bien voulu m'associer à l'étude de ces matériaux. C'est en son nom autant qu'au mien que je présente ici les résultats de nos premières déterminations.

Les fossiles trouvés par le P. Licent ont été recueillis en place dans deux localités voisines l'une de l'autre (à 15^{km} au nord de K'ing-Yang-Fou, Kansou nord-est). Ils proviennent tous d'un même niveau, approximativement pontien, celui des « terres rouges » à *Hipparion*, qui forment, dans le nord de la Chine, une vaste couverture de dépôts continentaux sous-jacents au lœss proprement dit. De l'examen des premiers échantillons reçus au Muséum il ressort que la faune des Mammifères pontiens de K'ing-Yang-Fou est constituée principalement par les familles suivantes : Équidés (*Hipparion*), Giraffidés, Ictithéridés et Hyénidés, Mustélidés.

1. Les *Hipparion* (plusieurs crânes, nombreuses mâchoires) présentent, dans le dessin des dents et dans la taille, la variabilité qui est de règle pour le genre. Les deux meilleurs crânes envoyés par le P. Licent sont un peu plus forts que ceux d'*Hipparion gracile* (longueur des molaires et prémolaires : 145^{mm} au lieu de 130^{mm}), et, sur l'un d'eux, on voit que l'échancrure nasale était reculée jusqu'au niveau du plan vertical passant entre la deuxième et la troisième prémolaire. Chez la grande majorité des *Hipparion* d'Europe et de Perse cette échancrure s'arrête en avant, ou au premier tiers, de la deuxième prémolaire. L'*Hipparion* dont il s'agit ici est évidemment le même qu'*H. Richthofeni* Koken, espèce établie par Koken et Schlosser sur des dents isolées.

2. Les Giraffidés (plusieurs crânes à peu près complets, très nombreuses mâchoires) appartiennent à deux formes bien caractérisées. Une première forme, à peu près aussi grande qu'*Helladotherium* (long. des mol. et prémol. supérieures : 196^{mm}), a, en commun avec ce dernier genre, un remarquable allongement de la tête (le bord antérieur des orbites, petites et aplaties, se trouve à 20^{mm} en arrière de la dernière molaire) et l'absence complète de cornes (les frontaux, bien que de texture celluleuse, sont, même

(¹) Séance du 13 novembre 1922.

chez le mâle, fortement déprimés entre les orbites); mais, par ses caractères dentaires, notamment par la grande molarisation de la troisième prémolaire inférieure [P_3] et des troisièmes caduques supérieure et inférieure [D^3 et D_3] (D^3 spécialement est plus molarisée que sur aucun autre Giraffidé connu), elle diffère des *Helladotherium* de Grèce, de Perse et d'Inde, et se rapproche beaucoup des *Alcicephalus* (*Samotherium*). Nous pensons qu'elle appartient à un genre nouveau du groupe des *Helladotherium*.

La deuxième forme (*Alcicephalus* sp. nov.), bien plus petite (long. des mol. et prémol. sup. : 129^{mm}), a un crâne construit comme ceux d'*Alcicephalus* et *Palæotragus* (dolichocéphalie médiocre, cornes sus-orbitaires chez le mâle). La forte molarisation de sa P_3, où le tubercule antéro-interne est complètement détaché du tubercule principal, la distingue de *Palæotragus* et la rapproche des *Alcicephalus*, dont elle diffère cependant par une molarisation moins avancée de la troisième caduque supérieure. Il se pourrait que les diverses molaires de Giraffidés décrites par Koken et Schlosser du Pontien de Chine sous le nom d'*Alcicephalus*, *Camelopardalis*, *? Sivatherium*, appartinssent toutes aux deux formes que nous venons de mentionner. Cependant, la récente découverte faite par Andersson, dans des couches à *Hipparion* de Chine, d'un troisième Giraffidé très spécial, *Chilinotherium* (dont le crâne est armé d'une énorme protubérance frontale impaire), doit rendre très prudent quand il s'agit d'assimilations basées sur la comparaison de dents isolées.

3. Les Ictithéridés sont représentés, dans l'envoi du P. Licent, par quelques mandibules d'un *Ictitherium* tout voisin d'*I. robustum* Gaudry, et surtout par une belle série de crânes de *Palhyæna* qui se répartissent en deux types principaux : les uns, appartenant à un animal plus fort que *P.* (*Ictitherium*) *hipparionum* Gaudry (long. des prémol. supér. : 74^{mm} en moyenne) ont les prémolaires longues, compliquées, et une carnassière inférieure où le tubercule interne (métaconide) est fortement développé; les autres, de taille moindre (long. des prémol. supér. : 65^{mm} en moyenne) portent des prémolaires plus courtes et plus simples; le métaconide de la carnassière est diminué; enfin les tuberculeuses supér. se montrent parfois réduites. Un spécimen, de type aberrant, se distingue de tous les autres par le raccourcissement de son museau et la puissance de ses prémolaires, relativement aussi grosses que celles d'une Hyène. On pourrait chercher à voir, dans ces diverses formes de *Palhyæna*, une série de mutations établissant le passage morphologique du genre avec les *Lycyæna* (*Hyæna chæretis*). Il est possible que, provenant d'un même gisement, elles représentent seulement des différences sexuelles ou individuelles.

Les Hyènes de K'ing-Yang-Fou (plusieurs crânes et mandibules) appartiennent à une seule forme, impossible à distinguer de l'*Hyæna eximia* Gaudry, de Grèce et de Perse (carnassière supér. avec tubercule interne très faible, carnassière infér. avec long talon et sans métaconide, prémolaires minces). Un spécimen qui laisse voir, à ses deux carnassières inférieures, un métaconide distinct, doit vraisemblablement être regardé, ici encore, comme un cas intéressant de variation individuelle.

4. En fait de restes de Mustélidés recueillis par le P. Licent, je signalerai : une mandibule de *Mustela* très voisine de *M. Pentelici* Gaudry; une tuberculeuse supérieure de *Promeles* (? *Meles taxipater* Schlosser), plus dilatée que celle des *Promeles* de Pikermi et de Maragha; et surtout le fort beau crâne (sans mandibules) d'un animal qui, tout en se rapprochant du Glouton par ses grandes dimensions (longueur, du trou occipital aux incisives : 147^{mm}) et la forme ramassée de sa tête, diffère pourtant de celui-ci par un museau moins large et la forme moins spécialisée des dents, plus semblables à celles d'une *Mustela* qu'à celles d'un *Gulo* (carnassières et P^3 peu développées, tuberculeuse largement dilatée).

5. En plus des formes ci-dessus énumérées, la série de fossiles envoyée par le P. Licent comprend : quelques mandibules d'une Antilope à dents rugueuses et prémolaires rectangulaires (? *Paraboselaphus* de Schlosser); d'assez nombreux restes d'une Gazelle à cornes plus droites et plus fines que les Gazelles de Pikermi et de Maragha (narines étroites comme celles de *G. brevicornis* Gaudry; molaires inférieures à plis très effacés sur la face interne, comme celles attribuées par Schlosser à sa *G. dorcadoides* de Chine); enfin, les dents isolées et un fragment de mandibule d'un grand Rhinocérotidé qui se distingue de *Rhinoceros* (*Teleoceras*) *Habereri* Schlosser, du Pontien de Chine, par le contour encore plus fortement lobé du protocône de ses molaires supérieures définitives, et par une obliquité plus grande des lobes internes de ses molaires supérieures de lait.

De ces observations, provisoires puisqu'elles ne portent que sur l'étude des dents et du crâne, il résulte que la faune de K'ing-Yang-Fou est nettement pontienne, et manifeste des affinités avec les faunes analogues de Perse et d'Europe plutôt qu'avec celles de l'Inde. Elle présente en même temps certaines nuances particulières qu'on peut interpréter, soit comme les indices d'une province zoologique sinienne, soit comme une preuve que le niveau des « terres rouges » exploré par le P. Licent appartient à un âge géologique un peu différent de celui des niveaux classiques d'Europe et d'Asie occidentale.

PALÉONTOLOGIE. — *Les Crustacés décapodes du Callovien de la Voulte-sur-Rhône (Ardèche).* Note (¹) de M. V. Van Straelen, transmise par M. W. Kilian.

Les marnes schisteuses à nodules phosphatés appartenant au niveau le plus inférieur du Callovien, à *Posidonomya alpina*, de la Voulte-sur-Rhône (Ardèche) renferment des Crustacés décapodes dont l'étude n'avait jamais été entreprise. La collection Gevrey (Université de Grenoble) renferme une belle série de ces fossiles, mis à ma disposition par M. W. Kilian.

La faune carcinologique de la Voulte est, après celle du Portlandien de Solenhofen et de Stramberg, la plus riche et la plus complète du Jurassique. Elle est exclusivement constituée par des *Natantia* et des *Reptantia*, ces derniers appartenant aux groupes des *Palinura* et des *Astacura*. Je n'y ai trouvé ni Anomoures, ni Raninidæ, ni Brachyoures.

Les *Natantia* sont représentés par leurs trois tribus : 1° de nombreux individus d'une espèce nouvelle du genre *Antrimpos* Münster (= *Penæus* Fabricius lato sensu) se rapportent aux Penaides; 2° le genre *Udora* Münster, attribuable sans aucun doute aux Carides, que jusqu'à présent on ne croyait pas plus anciens que le Portlandien; 3° enfin le genre *Æger* Münster, qu'après Ortmann, je place parmi les Stenopides.

Parmi les Reptantia, les Palinura sont représentés par de nombreux Eryonidea et par un seul Scyllaridea, ce dernier appartenant à une espèce connue, *Glyphea ornata* Quenstedt sp. du Callovien à *Peltoceras athleta* de la Souabe. Les Éryonidæ se rapportent aux genres *Eryon* Desmarest, *Palæopolycheles* v. Knebel et *Palæopentacheles* v. Knebel.

« On remarquera l'absence d'un quatrième genre d'Eryonidea fossile, connu seulement à Solenhofen et décrit en 1839 par Münster sous le nom d'*Eryon bilobatus*. C'est pour cette forme que W. von Knebel (²) avait créé le genre *Münsteria*. Cette coupure générique se justifie par le caractère du céphalothorax, qui par son extrême minceur notamment diffère de celui de tous les autres Eryonidæ fossiles. Ce Crustacé rappelle certaines espèces du genre actuel *Eryoneicus* Sp. Bate, dont il s'écarte cependant par ses appendices céphaliques, le développement du pléon et l'absence d'épines. Mais le terme créé par W. von Knebel ne peut subsister, il a été employé dès 1838 par

---

(¹) Séance du 13 novembre 1922.

(²) W. von Knebel, *Die Eryoniden des oberen weissen Jura von Süddeutschland* (*Archiv für Biontologie*, Bd 2, 1907, p. 222).

Sternberg [1] pour désigner le genre des Fucoïdes fossiles des terrains secondaires et tertiaires, tels que *Münsteria clavata* de Solenhofen. Je propose de désigner le genre de Crustacé en question sous le nom de KNEBELIA. »

Les individus appartenant au genre *Eryon* sont très nombreux. Ils atteignent parfois une taille considérable, certains d'entre eux mesurant 30^{cm} depuis le bord frontal jusqu'à l'extrémité du telson. Les *Palæopolycheles* et les *Palæopentacheles* sont beaucoup moins fréquents et leur taille est comparable à celle des *Polycheles* actuels. Jusqu'à présent, on ne les connaissait pas dans des niveaux inférieurs au Portlandien.

« On pourrait me reprocher de ne pas réunir les genres *Palæopolycheles* et *Palæopentacheles*, après la démonstration faite récemment par M. E.-L. Bouvier [2], de l'identité des genres *Polycheles* Heller et *Pentacheles* Sp. Bate. Cependant, ces Décapodes présentent des différences telles que, tout au moins provisoirement, les deux genres fossiles doivent être conservés. L'orbite notamment est beaucoup plus large et plus arrondie que chez les formes actuelles, ce qui m'amène à supposer que les organes visuels n'étaient pas encore atrophiés, comme on l'observe chez tous les Eryonidea vivants. »

Enfin les Astacura sont représentés par deux *Eryma* von Meyer, genre que je range provisoirement parmi les Nephropsidæ. Ce sont des formes connues, l'une *Eryma Mandelslohi* von Meyer sp. abonde dans le Callovien de la Souabe et du Jura, l'autre, que j'ai décrite ailleurs sous le nom d'*Eryma Cumonti* [3], n'avait été trouvée qu'une fois dans le Callovien de la Nièvre.

Parmi les conclusions que l'on peut tirer de l'étude de cette faune, il faut retenir un instant quelques-unes de celles qui ont trait à la systématique et à l'éthologie. Dès le Callovien, les trois grands groupes de Natantia sont constitués. Parmi les Eryonidea, il importe de souligner l'existence de formes voisines des types actuels, *dès la base du Malm*. J'estime d'ailleurs que ces formes, de même que la plupart des Eryonidea (le genre bathypélagique *Eryoneicus* excepté), sont moins spécialisées que les *Eryons*, connus avec certitude depuis la base du Lias. Au point de vue éthologique, cette faune appartient à la zone littorale profonde euphotique.

---

(1) K. STERNBERG, *Versuch einer geognostich-botanischen Darstellung der Flora der Vorwelt*, t. 2, 1838, p. 31.

(2) E.-L. BOUVIER, *Crustacés Décapodes (Macroures marcheurs) provenant des campagnes des yachts* Hirondelle *et* Princesse-Alice (1885-1915). (*Résultats des campagnes scientifiques du Prince de Monaco*, fasc. 50, 1917, p. 34.)

(3) V. VAN STRAELEN, *Sur des Crustacés du Jurassique de la Nièvre* (*Bull. Soc. Belge de Géol., Paléont. et Hydrol.*, t. 30, 1920, p. 139).

BOTANIQUE. — *Hyperbioses de Soleil et de Topinambour.* Note de M. **Lucien Daniel**, présentée par M. Gaston Bonnier.

Dans le but d'étudier les variations de la fonction de réserve chez les Hélianthées greffées ([1]) et la façon dont se comporte l'inuline chez les conjoints, j'ai, cette année, fait des hyperbioses ou surgreffes entre le Soleil annuel et le Topinambour.

Sur une jeune tige de Topinambour, j'ai d'abord greffé un jeune Soleil. Quand celui-ci s'est allongé suffisamment après sa reprise, j'ai greffé sur lui une jeune tige de la même variété de Topinambour. Dans cette symbiose, l'hypobiote et l'hyperbiote, formés par du Topinambour étaient réunis par l'intermédiaire d'un mésobiote Soleil de 10^{cm} à 15^{cm} de long. Chez certaines de ces greffes, je supprimai toutes les pousses de remplacement du mésobiote; à d'autres, je laissai se développer un rameau réparateur latéral qui fleurit et fructifia, formant ainsi une hémihyperbiose ([2]).

Au cours du développement de ces greffes, je constatai que non seulement les hyperbiotes étaient différents comme vigueur et ramification, mais qu'ils résistaient très inégalement aux variations du milieu extérieur. Ce sont là des conséquences de la grande variabilité des bourrelets, comme je l'ai indiqué bien des fois.

Le 31 octobre, les hypobiotes et les hyperbiotes étaient encore en végétation comme les témoins Topinambour; les pousses du mésobiote Soleil étaient desséchées presque totalement dans les hémihyperbioses; seule, la partie réunissant l'hyperbiote à l'hypobiote était encore bien vivante et continuait à assurer les échanges de matière entre ces derniers. Cette partie avait grossi d'une façon anormale; le bois, très dur, présentait de superbes mailles en coupe longitudinale. On pouvait voir sur celle-ci que les Topinambours, hypobiote et hyperbiote, ne communiquaient entre eux que par l'intermédiaire du mésobiote.

Au moment de la récolte, je constatai que, dans toutes les greffes n'ayant subi aucun accident au cours de leur végétation, la tuberculisation s'était faite d'une façon plus intense que dans les greffes ordinaires ou

([1]) Lucien Daniel, *Variations de la fonction de réserve chez les Hélianthées greffées* (*Revue bretonne de Botanique*, 1921).

([2]) Pour les définitions de ces termes, voir Lucien Daniel, *Classification rationnelle des symbioses* (*Revue générale de Botanique*, 1914).

olobioses de Soleil sur Topinambour. Tandis que chez celles-ci le poids des tubercules ne dépassait pas 400^g dans les plus forts exemplaires, il variait de 700^g à $2^{kg},050$ chez les olohyperbioses et de 800^g à 975^g pour les hémihyperbioses. Cela montre que le mésobiote, quand il possède des pousses feuillées, joue dans la mise en réserve de l'hypobiote Topinambour un rôle très réduit ou nul et qu'il accumule dans ses graines les réserves qu'il fabrique.

Il était intéressant de rechercher la répartition de l'inuline dans les associées. Elle existait en abondance chez l'hypobiote, tant dans la tige aérienne que dans les parties souterraines; on la trouvait en plus faible quantité dans l'hyperbiote, bien que celui-ci n'eût fourni aucun tubercule aérien. Dans aucun cas, je n'ai observé d'inuline dans le mésobiote Soleil. Pourtant les réserves fabriquées par l'hyperbiote sont descendues dans l'hypobiote puisque les poids des tubercules sont beaucoup plus élevés que chez les greffes les plus réussies de Soleil sur Topinambour. Sous quelle forme sont passées ces substances? Évidemment, ce n'est pas sous la forme d'inuline puisqu'on n'en voit pas trace dans le mésobiote Soleil. Il a donc fallu que l'inuline fabriquée par l'hyperbiote repasse à l'état de substances susceptibles de passer dans le Soleil, puis, à la sortie de celui-ci, capables d'être transformées à nouveau en inuline.

Quel que soit d'ailleurs le processus chimique suivi, ces faits montrent *expérimentalement* ce que j'avais supposé *théoriquement* jusqu'ici, c'est-à-dire que si l'on n'observe pas l'inuline dans le Soleil greffé avec le Topinambour, cela ne veut pas dire que le Soleil n'utilise pas cette substance sous une autre forme. Il est bien probable qu'il en est de même pour d'autres substances qui circulent dans les plantes en vue d'assurer les échanges de matière ou pour remplir une fonction physiologique déterminée.

BOTANIQUE. — *Les nucléoles pendant la prophase de la cinèse II du sac embryonnaire du* Fritillaria imperialis *L.* Note de M. **Maurice Lenoir**, présentée par M. Gaston Bonnier.

Dans une Note précédente sur l'*Equisetum arvense* L. [1] j'ai décrit l'absorption de la substance nucléolaire par le filament spirématique. Des

[1] *La cinèse somatique dans la tige aérienne d'*Equisitum arvense *L.* (*Comptes rendus*, t. 174, 1922, p. 1559).

observations nouvelles sur les cinèses du sac embryonnaire du *Fritillaria imperialis* et, spécialement en ce qui concerne cette Note, sur la prophase de la cinése II m'ont conduit à des conclusions semblables.

Dans le sac embryonnaire de la Fritillaire, l'observation des cinèses est plus facile que dans l'*Equisetum*. D'une part, en effet, les figures caryocinétiques sont beaucoup plus grandes que dans l'*Equisetum arvense* et, d'autre part, les causes du spirème, si nombreuses et enchevêtrées dans cette dernière plante, sont ici très nettement distinctes les unes des autres. Elles ne laissent, de la sorte pratiquement, aucun doute sur les résultats que je vais énoncer.

Notons auparavant que le terme consacré de spirème s'applique ici très mal. Il n'existe pas d'aspect spiralé, mais seulement un ensemble de filaments anastomosés entre eux.

Au moment où vient de se constituer le spirème II, des portions de ses anses sont en contact étroit avec les nucléoles, au nombre de trois ou quatre, qu'elles enserrent dans leurs replis. Les nucléoles n'ont déjà plus la forme régulièrement sphérique qu'ils possédaient pendant l'interphase précédente. Ils sont encore vaguement sphéroïdes, mais présentent à ce moment des contours quelque peu anguleux. Les angles sont l'aboutissement de portions du filament spirématique qui, du simple contact primitif avec les nucléoles, est passé à la continuité vraie.

Le spirème lui-même possède la réaction colorée de la chromatine du réseau nucléaire atténuée toutefois. Il présente sur des portions plus ou moins longues de ses anses des chapelets de gouttelettes *internes* de nucléoline. Certaines parties ont un aspect variqueux. Enfin de véritables hernies se rencontrent de place en place. Portions variqueuses et hernies prennent la teinte de la substance nucléolaire comme les chapelets de gouttelettes. Le tout provient évidemment de la captation de celle-ci par le filament spirématique et représente les états successifs du même processus d'absorption.

A un stade un peu plus avancé, la forme des nucléoles disparaît. La nucléoline se présente alors en masses assez nombreuses de consistance en apparence visqueuse. Ces masses multiformes altèrent l'aspect filamenteux du spirème. Il est cependant encore possible peut-être de reconnaître des nucléoles dans des masses polymorphes plus ou moins étirées, pâlies qui font corps avec le filament chromatique et montrent des vacuoles peu nombreuses.

La répartition de la substance nucléolaire se régularise dans le spirème

qui se trouve envahi tout entier par la nucléoline. De sorte que, au moment où les chromosomes constitués vont s'insérer au fuseau achromatique, ils ont un calibre régulier sur presque toute leur longueur. Ils ont subi simultanément un épaississement et un raccourcissement nets. A ce stade les chromosomes sont constitués ici comme je l'ai dit déjà pour l'*Equisetum arvense* d'une gaine de chromatine formant une mince enveloppe renfermant un axe volumineux de nucléoline qui provient, sinon en totalité tout au moins en très grande partie, de l'aspiration du contenu des nucléoles de l'interphase précédente.

Cette aspiration de la nucléoline se fait sans qu'il y ait un changement visible dans la nature de cette dernière.

Il est à remarquer aussi que pendant tout le temps que dure le processus, à aucun moment les nucléoles ne présentent l'aspect dégénérescent que l'on constate en diverses circonstances, par exemple pendant une période de la prophase I dans le sac embryonnaire de la Fritillaire.

Conclusions. — Du cas observé dans la prophase II du sac embryonnaire du *Fritillaria imperialis* L. il ressort que :

1° La substance des nucléoles passe sans modification apparente dans le filament spirématique par une sorte d'aspiration ;

2° Entre le commencement du phénomène d'aspiration et la constitution des chromosomes parfaits se trouve une période pendant laquelle s'établit l'équilibre entre les deux substances chromatiques : celle du réseau et celle des nucléoles.

N. B. — Dans l'*Equisetum arvense* j'ai vu les nucléoles en contact avec le spirème ; l'observation va plus loin dans le cas du *Fritillaria imperialis* puisqu'elle révèle une véritable continuité entre les nucléoles et le spirème.

CYTOLOGIE VÉGÉTALE. — *Sur l'étamine des Borraginées.* Note de M. **Mascré**, présentée par M. Guignard.

Ayant, antérieurement, décrit le développement de l'étamine chez les Solanées (1), j'ai voulu étudier comparativement l'étamine des Borraginées, m'attachant surtout, comme précédemment, à l'étude de l'assise nourricière du pollen ou tapis. L'évolution de l'étamine est identique chez toutes les espèces que j'ai étudiées : *Symphytum officinale* L., *Anchusa italica* Retz,

---

(1) M. Mascré, *Recherches sur le développement de l'anthère chez les Solanées* (Th. Doct. Sc., Paris, 1921).

Cynoglossum officinale L., *Borrago officinalis* L., *Echium vulgare* L., *Pulmonaria officinalis* L., *Cerinthe major* L.

Les divers tissus de l'anthère se forment, aux quatre angles du mamelon staminal, par une série de cloisonnements tangentiels en direction centrifuge, à partir des cellules sous-épidermiques.

Leur premier cloisonnement donne : une rangée de cellules mères polliniques primordiales et, extérieurement à celles-ci, l'assise pariétale primordiale, qui se divise à son tour en donnant, vers l'intérieur : les cellules nourricières; vers l'extérieur : l'assise pariétale secondaire. Cette dernière, enfin, se divise en formant l'assise transitoire et la future assise mécanique. Pendant ce temps, les cellules mères polliniques se multiplient et les cellules du connectif, au contact du massif pollinique, se transforment en cellules nourricières. Le tapis, complètement constitué, multiplie ses éléments par des cloisonnements radiaux.

La marche des cloisonnements initiaux est donc identique à celle que Guérin [1] a décrite chez les Labiées, à celle que j'ai observée chez les Solanées. Les cellules du tapis prennent ensuite, très rapidement, un certain nombre de caractères spéciaux.

Le plasma, abondant, se creuse généralement de vacuoles qui peuvent, par compression, provoquer la déformation du ou des noyaux. Les méthodes spéciales mettent en évidence des grains et de courts bâtonnets de nature mitochondriale.

Le noyau primitif augmente de volume, puis se divise; les deux noyaux ainsi formés s'accroissent à leur tour, et s'enrichissent en chromatine. Dans la plupart des cellules, ils se fusionnent en un noyau unique, pourvu de deux ou plusieurs nucléoles. Ces noyaux « bivalents » sont particulièrement énormes chez les *Symphytum* et *Anchusa;* ils possèdent un réseau chromatique très dense et jusqu'à six ou huit nucléoles.

Je n'ai pas observé, chez les Borraginées, de cellules nourricières à quatre noyaux libres, ou à deux noyaux « bivalents » ou à noyau « tétravalent », formés de la fusion des quatre noyaux libres, comme chez les Solanées. Je n'y ai pas vu, non plus, de cinèses hyperchromatiques correspondant à ces syncarions.

La différenciation des cellules du tapis se trouve achevée au moment de la contraction synaptique. A la formation des tétrades, les cellules mères du pollen deviennent libres au sein d'un liquide abondant, sécrété par les cellules nourricières, chez qui apparaissent plusieurs changements : transformation de leur paroi, qui s'épaissit et se cutinise vers l'intérieur du sac pollinique; modifications peu apparentes des noyaux; transformation du

---

(1) P. Guérin, *Développement de l'anthère et du pollen des Labiées* (*Comptes rendus*, t. 168, 1919, p. 182).

chondriome en chondriocontes et plastes; apparition de grains d'amidon et de granulations graisseuses.

On trouve, maintenant, dans les cellules du tapis, des chondriocontes filamenteux, en général assez trapus, puis des plastes proprement dits; on saisit assez facilement des aspects témoignant d'une transformation en plastes des chondriocontes : soit que ceux-ci se renflent en leur milieu, soit qu'ils se renflent à leurs deux extrémités, prenant l'aspect d'une haltère dont les deux moitiés se séparent. La succession des chondriocontes aux grains et bâtonnets, celle des plastes aux chondriocontes, rendent probable l'existence d'une filiation entre ces éléments. Il y aura lieu de revenir avec plus de détails sur ce point particulier. Chez les Solanées, je n'avais observé que rarement l'existence de plastes.

Les grains d'amidon sont toujours très petits et de peu de durée. Les graisses apparaissent sous forme de granulations osmiophiles : ces dernières augmentent rapidement de volume, de sorte que la cellule est bientôt très riche en grosses inclusions graisseuses. Il est assez curieux de remarquer que, jusqu'à la fin de la période synaptique, les granulations graisseuses existent dans la paroi de l'étamine et dans les éléments polliniques, et manquent absolument dans le tapis. J'ai fait la même remarque chez les Solanées.

La période précédente peut être justement considérée comme période d'*élaboration, de sécrétion*. Elle est de courte durée. Quand les grains de pollen commencent à épaissir leur paroi, les premiers signes de dégénérescence ont apparu dans les cellules nourricières : caryolyse et dégénérescence granulo-alvéolaire du cytoplasme.

Le volume et la chromaticité des noyaux diminuent peu à peu, jusqu'à ce que l'on n'observe plus que quelques petits grains de chromatine. Le nombre, le volume, la colorabilité des nucléoles diminuent parallèlement. Le cytoplasme devient alvéolaire, ou se contracte. Les plastes y persistent assez longtemps, puis on n'y observe plus que de très nombreux grains et quelques très petites vésicules, sidérophiles. Des inclusions graisseuses persistent, nombreuses, jusqu'à la fin.

Comme chez les Solanées, le développement du tapis staminal présente, chez les Borraginées, trois phases successives : différenciation, élaboration, ou sécrétion, dégénérescence. Il appartient nettement au type des tapis dits *sécréteurs*, par opposition au type plasmodial, longtemps considéré comme dominant, sinon général, chez les Angiospermes. Il y a lieu, d'ailleurs, de reprendre l'examen des divers exemples de tapis plasmodiaux décrits chez les Angiospermes, comme de préciser la notion même du périplasmodium staminal.

CHIMIE VÉGÉTALE. — *Sur la présence d'aucubine et de mélampyrite dans plusieurs espèces de Mélampyres.* Note de Mlle **Marie Braecke**, présentée par M. L. Guignard.

En 1921, j'ai montré, avec M. Bridel, que la coloration noire prise par deux espèces de Mélampyres au cours de leur dessiccation était due à la présence d'un glucoside hydrolysable par l'émulsine [1]. Nous avons extrait ce glucoside à l'état pur et cristallisé d'une de ces deux espèces le *Melampyrum arvense* L. [2] et nous avons reconnu que c'était de l'aucubine, glucoside des graines d'*Aucuba japonica* L. J'ai recherché si l'aucubine existait également dans trois autres espèces du même genre : *Melampyrum pratense* L., *Melampyrum nemorosum* L. et *Melampyrum cristatum* L. En outre, c'est du *Melampyrum nemorosum* L. qu'Hünefeld, en 1836, a extrait un alcool polyatomique, la mélampyrite, qui est plus connue à l'heure actuelle sous le nom de *dulcite*. Comme au cours des recherches effectuées sur le *Melampyrum arvense* L., nous avons retiré également la mélampyrite, j'ai tenu à m'assurer si les deux autres mélampyres : *Melampyrum pratense* L. et *Melampyrum cristatum* L., renfermaient, eux aussi, cet alcool. Sur chacune des trois espèces étudiées, j'ai effectué d'abord un essai biochimique dans le but d'avoir des indications sur la présence de l'aucubine et surtout sur sa quantité. Grâce à ces données, j'ai pu ensuite extraire l'aucubine.

Essais biochimiques ($100^{cm^3} = 100^g$).

	Melampyrum pratense L., Viroflay, 15 juin.	*Melampyrum nemorosum* L. Grenoble, 20 juillet.	*Melampyrum cristatum* L. Bouray, 16 juillet.
Rotation initiale ($l = 2$)	—2°33′	—2°48′	—6°24′
Rotation après action de l'invertine	—2°38′	—2°50′	—6°38′
Rotation après action de l'émulsine	+ 45′	+ 19′	+1° 7′
Sucre réducteur initial (pour 100^{cm^3})	0^g,055	0^g,122	0^g,280
Sucre réducteur après action de l'invertine	0^g,152	0^g,194	0^g,484
Sucre réducteur après action de l'émulsine	0^g,723	0^g,762	1^g,907

Melampyrum pratense L. — L'invertine n'a produit qu'un faible changement de la déviation vers la gauche de 5′ avec formation de 0^g,097 de sucre réducteur.

---

[1] *Sur la présence d'un glucoside dédoublable par l'émulsine dans deux espèces du genre* Melampyrum (*Comptes rendus*, t. 173, 1921, p. 414).

[2] *Sur la présence de saccharose et d'aucubine dans les graines de* Melampyrum arvense L. (*Comptes rendus*, t. 173, 1921, p. 1403).

L'émulsine a déterminé la formation d'une coloration noire intense de la liqueur et d'un abondant précipité noir. Elle a provoqué un retour de la déviation vers la droite de 3°23′ avec formation de 0g,570 de sucre réducteur. L'indice est de 168. Si l'on considère que l'aucubine hydratée fournit à l'hydrolyse 56,07 pour 100 de sucre, les plantes essayées en renferment 1g,016 pour 100.

Le procédé d'extraction employé est celui qui a permis d'obtenir de l'aucubine à partir des graines de *Melampyrum arvense* L. [1]. J'ai obtenu 0g,530 d'aucubine pure présentant un pouvoir rotatoire de

$$\alpha_D = -165°12' \qquad (p = 0^g,1408;\ v = 15;\ l = 2;\ \alpha = -3°6').$$

L'acide sulfurique à 3 pour 100 l'hydrolyse à la température du bain-marie bouillant avec formation d'un produit noir insoluble. La déviation du liquide a passé de −1°32′ à +12′ avec formation de 0g,2618 de sucre réducteur pour 100cm³, soit un indice de réduction de 151 et une proportion de sucre s'élevant à 55,82 pour 100, du glucoside existant dans le liquide d'hydrolyse. L'émulsine l'hydrolyse également avec formation d'un précipité noir.

Je n'ai pu extraire de mélampyrite de cette plante.

Melampyrum nemorosum L. — La proportion de sucre hydrolysable par l'invertine est faible; sous l'action de l'émulsine, les produits de dédoublement caractéristiques de l'aucubine se sont formés et il s'est fait un retour de la déviation vers la droite de 3°9′ avec formation de 0g,567 de sucre réducteur. L'indice est de 180. La quantité pour 100 d'aucubine est de 1g,011.

J'ai obtenu 0g,870 d'aucubine pure ayant comme pouvoir rotatoire

$$\alpha_D = -164°37' \qquad (p = 0,1744;\ v = 10;\ l = 2;\ \alpha = -5°44').$$

Lors de l'hydrolyse sulfurique, le précipité noir caractéristique s'est formé et la déviation du liquide a passé de −1°52′ à +14′ avec formation de 0g,4468 de sucre réducteur pour 100cm³, ce qui donne un indice de 144; la proportion de sucre réducteur formé représente 51,24 pour 100 du glucoside.

L'hydrolyse par l'émulsine donne un précipité grumeleux noir en même temps qu'une coloration noire de la liqueur.

Toutes ces propriétés concordent avec celles de l'aucubine.

Au cours des opérations, 2g,800 de cristaux se sont formés dans les liqueurs acétoniques à 10 pour 100 d'eau. Ces cristaux purifiés dans l'alcool à 60° ont les propriétés suivantes :

---

[1] *Loc. cit.*

Point de fusion 166° au bloc de Maquenne.

Ils sont inactifs sur la lumière polarisée, non réducteurs, d'une saveur faiblement sucrée. Oxydés par l'acide nitrique dilué, ils se transforment en acide mucique caractérisé par son point de fusion : 215° au bloc et sa forme cristalline. Toutes ces propriétés sont celles de la mélampyrite isolée par Hünefeld, en 1836, dans cette même plante.

Melampyrum cristatum L. — Sous l'action de l'invertine, la déviation vers la gauche a augmenté de 14′ et il s'est formé $0^g,204$ de sucre réducteur.

Sous l'action de l'émulsine, il s'est produit la coloration noire de la liqueur et le précipité grumeleux noir caractéristiques des produits de dédoublement de l'aucubine.

Le retour de la déviation vers la droite a été de 7°45′ avec formation de $1^g,423$ de sucre réducteur. L'indice est de 183 et la plante doit renfermer $2^g,537$ pour 100 d'aucubine.

J'ai obtenu $0^g,500$ d'aucubine pure ayant comme pouvoir rotatoire :

$$\alpha_D = -164°,09 \qquad (p = 0^g,1554;\ v = 15;\ l = 2;\ \alpha = -3°24').$$

Sous l'influence de l'acide sulfurique dilué, à la température du bain-marie bouillant, la déviation du liquide a passé de $-1°42'$ à $+12'$ et il s'est formé $0^g,2712$ de sucre réducteur pour 100^{cm^3}; l'indice de réduction est 142 et la proportion de sucre réducteur s'est élevée à 52,34 pour 100 du glucoside existant dans la liqueur. Il y a formation d'un précipité noir.

L'hydrolyse par l'émulsine donne la coloration et le précipité noirs caractéristiques.

Ces propriétés sont celles de l'aucubine.

$4^g,390$ de cristaux obtenus par cristallisation dans les liquides acétoniques à 10 pour 100 sont purifiés par dissolution et recristallisation dans de l'alcool à 85°. On a obtenu $0^g,730$ de cristaux présentant toutes les propriétés de la mélampyrite : le point de fusion est de 188° au bloc, ils sont inactifs sur la lumière polarisée, non réducteurs, de saveur faiblement sucrée et donnent de l'acide mucique par oxydation avec l'acide azotique dilué.

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Action comparée de la sylvinite et de ses composants sur les premiers développements des plantes.* Note de M. **Pierre Lesage**, présentée par M. Gaston Bonnier.

J'ai effectué des expériences en vue d'étudier la sylvinite et son action sur les plantes. J'ai débuté par des essais de tâtonnement en tentant

d'adapter à ces expériences les méthodes que j'emploie au laboratoire pour d'autres recherches, laissant à des personnes plus compétentes ou mieux outillées le soin de compléter un programme qui pourrait être de la forme suivante : cultures en solutions, cultures arrosées avec des solutions, cultures variées en sols constitués par des mélanges intimes de terre connue et du produit étudié, tout cela avant de passer à des essais d'application à la culture en plein champ.

Tout d'abord, je me suis limité à des cultures en solutions; je les ai faites au mois d'août et je les ai continuées jusqu'au commencement de novembre par des essais successifs de courte durée en raison des conditions dans lesquelles ils étaient faits. L'abaissement de la température et les difficultés pour y remédier avantageusement m'ont forcé à cesser provisoirement ces essais qui pourront être repris. En attendant, comme les résultats déjà acquis me paraissent assez intéressants, je crois devoir les signaler dès maintenant.

J'ai fait six essais successifs, gradués ou même répétés pour se compléter autant que possible dans un ensemble rationnel; mais, avant d'en parler, il est utile de définir le produit que j'ai employé. Voici donc les renseignements qui m'ont été donnés en même temps que ce produit : c'est la sylvinite à 20-22 pour 100 de potasse, contenant, dans 100 parties, 32 à 35 de KCl, 50 à 55 de NaCl, 0,1 à 0,5 de $MgCl^2$, 2,4 de SO^4Ca et 9 à 12 de matières insolubles. Disons tout de suite, pour ne pas y revenir, que j'ai admis un peu arbitrairement, mais pour avoir une base unique, que 100^g de sylvinite contiennent 35^g de KCl, 55^g de NaCl, $0^g,5$ de $MgCl^2$ et $3^g,4$ de SO^4Ca.

Le premier essai avait pour but de comparer les premiers développements des plantules dans les solutions des trois corps suivants employés isolément : la sylvinite et ses deux principaux composants, le NaCl et le KCl. La concentration de ces solutions correspondait sensiblement à celle de la solution nutritive de Knop, c'était celle d'une solution centinormale contenant, par conséquent, par litre $= \frac{58^g,5}{100}$ pour le NaCl, $\frac{74^g,6}{100}$ pour le KCl et $\frac{71^g}{100}$ pour la sylvinite, en admettant que 100^g de celle-ci contiennent une fraction de molécule-gramme qu'on peut représenter par ses deux constituants principaux $\left[\frac{55}{58,5}\right] + \left[\frac{35}{74,6}\right]$.

Dans cet essai et dans les deux suivants, j'ai semé des grains de blé et d'avoine et des graines de *Lepidium sativum*. Mais je dois dire que j'ai abandonné le blé et l'avoine, parce que leurs semences contiennent de grosses réserves capables d'assurer

une bonne nutrition des plantules pendant le temps assez court des expériences et, par là, de masquer l'action spéciale du milieu, ce qui était moins à craindre avec le *Lepidium*. Il faut ajouter, cependant, que l'allure générale du développement était comparable pour les trois sortes de semences.

Si, pour comparer les cultures, à raison de 10 graines par culture, nous prenons R + H, c'est-à-dire la longueur de la racine (R), plus la longueur de l'hypocotyle (H), voici les moyennes obtenues en fin d'expériences pour le *Lepidium :* sur l'eau distillée servant de témoin, 63^{mm}; sur NaCl, 71^{mm}; sur KCl, 70^{mm}, et sur sylvinite, 99^{mm}.

Dans le deuxième essai, j'ai cherché quelle serait la meilleure concentration parmi les huit suivants : $\frac{1}{100}$, $\frac{2}{100}$, $\frac{4}{100}$, $\frac{8}{100}$, $\frac{16}{100}$, $\frac{32}{100}$ de molécule-gramme. J'ai trouvé que le développement sur sylvinite est plus considérable que sur NaCl ou sur KCl, et que la concentration la plus favorable est à trouver entre $\frac{1}{100}$, $\frac{2}{100}$ et $\frac{4}{100}$.

Dans le troisième essai, j'ai cherché à voir si cette concentration la plus favorable ne se trouverait pas au-dessous de $\frac{1}{100}$ dans la série à $\frac{1}{100}$, $\frac{1}{100}$, $\frac{1}{400}$ de molécule-gramme en employant la sylvinite, le NaCl, le KCl et, en plus, le mélange de ces deux derniers sels dans les proportions où ils se trouvent dans la sylvinite, c'est-à-dire dans le rapport de $\frac{55}{58,5}$ à $\frac{35}{74,6}$, soit dans le rapport moléculaire de 2 à 1. Dans cette série, la meilleure concentration a été celle de $\frac{1}{100}$ pour la sylvinite où R + H a atteint 79^{mm}, bien au-dessus de la taille des autres cultures qui, pour la même concentration, a été de 62^{mm} pour le mélange des sels et de 54^{mm} pour le NaCl comme pour le KCl.

Ce qui frappe dans ces résultats, c'est que le mélange des sels est plus favorable que chacun d'eux pris isolément, mais aussi qu'il est moins favorable que la sylvinite. C'est que, pour être comparable à celle-ci, ce mélange devrait encore renfermer le $MgCl^2$ et le SO^4Ca, même dans les faibles proportions indiquées. Avant de les introduire dans mes solutions, j'ai voulu, dans le quatrième essai et dans le cinquième, m'assurer de la concentration véritablement la meilleure de sylvinite pour provoquer le plus grand développement des plantules. Je n'ai pu aboutir d'une façon satisfaisante et j'ai dû m'en tenir aux résultats du deuxième essai, c'est-à-dire que la concentration la plus favorable se trouve autour de $\frac{1}{100}$, $\frac{2}{100}$ ou $\frac{4}{100}$.

Dans le sixième essai, j'ai donc employé des solutions à $\frac{1}{100}$, $\frac{2}{100}$, $\frac{4}{100}$ de molécule-gramme de sylvinite, du mélange précédent de NaCl + KCl employé seul ou additionné de $MaCl^2$, de SO^4Ca ou des deux à la fois dans les faibles proportions où ils se trouvent dans la sylvinite. Dans cette assez longue série, le développement sur la sylvinite a encore été plus grand que sur les sels mélangés en plus ou moins grand nombre et même que sur le volume des quatre sels. C'est ainsi que, sur la solution à $\frac{4}{100}$ de molécule-gramme paraissant la meilleure ici, R + H = 66^{mm} sur la sylvinite et 56^{mm} à 59^{mm} sur le mélange des quatre sels. J'ajoute que, pendant le même temps, les cultures témoins sur eau distillée et sur solution de Knop étendue de son volume

d'eau, ont produit des plantules avec $R + H = 35^{mm}$ pour la première et 67^{mm} pour la seconde.

Il faut encore dire que, dans les longues séries que comportent ces essais, outre les renseignements auxquels je me suis arrêté de préférence, il en est d'autres, nombreux, intéressants à des titres divers, qui pourront trouver leur place ailleurs. Pour le moment, je me contente de terminer par cette constatation que le mélange des quatre sels ne contient peut-être pas encore tous les éléments actifs de la sylvinite que j'ai employée.

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Sur la respiration des racines.* Note de M. J. Stoklasa, présentée par M. L. Maquenne.

La question de savoir quelle est la nature exacte de la sécrétion des racines est d'une grande importance, car ce n'est qu'après l'avoir résolue que nous pourrons bien comprendre ce qui touche à l'assimilation des matières minérales.

La nature acide des sécrétions radicales formait déjà, depuis des années, le sujet de discussions dont l'objet était de définir la part qui leur appartient dans la dissolution et, par suite, l'absorption par la plante des principes nutritifs contenus dans le sol.

Déjà en 1909 j'ai publié avec Adolph Ernest un plus grand travail sur la nature chimique des sécrétions des racines, dans lequel nous avons en même temps déterminé la proportion d'acide carbonique produit par leur respiration ([1]).

Par de nombreux essais précis, nous avons reconnu d'abord que l'énergie de la respiration spécifique du système radical, chez les Graminées, varie avec chaque individu. Ces variations de l'intensité respiratoire, tant aérobie qu'anaérobie, tiennent évidemment à quelque différence dans la constitution du cytoplasme et du caryoplasme des plantes étudiées (*Triticum vulgare*, *Secale cereale*, *Hordeum distichum*, *Avena sativa*).

Il résulterait surtout de nos expériences d'alors que, pendant la respiration normale du système de racines, chez les Graminées, dans de l'eau distillée pure et en présence de quantités suffisantes d'oxygène, il n'apparaît que de l'acide carbonique, aucun autre acide, organique ou inorganique, ne pouvant être décelé dans la sécrétion. Les acides organiques du groupe

([1]) J. Stoklasa et A. Ernest, *Jahrbücher f. Wissensch. Botan.*, Bd 46, Heft 1.

aliphatique ne se forment que quand la proportion d'oxygène contenue dans le milieu nutritif n'est pas suffisante : c'est alors une respiration intramoléculaire partielle. Si le système des racines plonge dans une solution nourricière, il peut arriver qu'il y ait échange d'anions et de cathions entre les racines et le milieu ambiant, mais cela n'a rien à faire avec la respiration.

Nos résultats furent confirmés par Kossowitsch et Aberson, ainsi que par E. Chemin, dans une Note insérée en 1921 aux *Comptes rendus;* mais Czapek, Kunze, Pfeifer et Blank ([1]) sont d'avis, au contraire, que les racines peuvent rejeter des acides organiques en même temps que de l'acide carbonique. Nous avons alors répété nos expériences avec W. Kochman, en employant la même méthode et les mêmes appareils et en y mettant tous nos soins.

Les racines des plantes mises en observation se trouvaient dans de l'eau stérilisée, de façon à éliminer toute contamination bactérienne et à être sûr que l'acide carbonique dégagé provenait bien exclusivement de la respiration des racines. Au cours de ces recherches nous avons pu faire quelques observations intéressantes en envoyant à travers le cylindre où plongeaient les racines, non seulement de l'air pur, stérile et dépouillé de gaz carbonique, mais encore de l'air contenant des émanations du radium. La radioactivité de cet air se montait à 41,7 M. E., soit

$$16,721 \cdot 10^{-12} = 0^{mg},0000167$$

de radium.

Les plantes choisies étaient d'abord développées dans la solution nutritive, puis mises en expérience après 80 jours de végétation; cela se fit dans des vases cylindriques fermés, où il y avait de l'eau stérilisée, renouvelée tous les trois jours et finalement analysée, de façon à connaître le volume total du gaz carbonique produit; le détail des opérations a été décrit dans nos travaux antérieurs.

Les expériences ont été faites dans une serre, à une température de 20° à 22° et ont duré de 18 à 20 jours. Dans chaque cylindre on faisait passer, en 24 heures, 20^{l} d'air pur et stérilisé, avec ou sans radioactivité.

Pour 1^{g} de racines supposées sèches on a ainsi trouvé, en 24 heures, les quantités suivantes d'acide carbonique expiré. Les expériences relatives aux céréales ont déjà été mentionnées; les autres sont récentes.

([1]) Pfeifer et Blank, *Landw. Versuchst.*, 1912.

	Sans radioactivité.	Avec radioactivité.
	mg	mg
Triticum vulgare...............	89,6	132,9
Secale cereale...................	110,8	148,2
Hordeum distichum............	74,6	124,0
Avena sativa....................	118,9	165,8
Pisum sativum.................	106,3	200,3
Vicia sativa......................	117,3	168,7
Vicia faba.......................	119,8	192,4
Trifolium album...............	205,7	»

Avec les plantes non cultivées (sauvages) nous avons obtenu des résultats du même ordre et plus significatifs encore. 1g de racines, supposées sèches, des différentes espèces essayées, a dégagé, en 24 heures, les quantités suivantes d'anhydride carbonique :

	Sans radioactivité.	Avec radioactivité.
	mg	mg
Raphanus raphanistrum..........	227,6	321
Triticum repens..................	270,1	»
Vicia hirsuta.....................	252,0	»
Sinapis arvensis..................	234,4	»
Centaurea jacea..................	189,2	285
Galium aparine...................	131,1	»
Agrostemma githago.............	263,1	»
Euphorbia cyparissias............	248,6	»
Anthemis arvensis................	100,6	»
Papaver rhœas....................	264,9	341,6
Avena fatua.......................	217,3	329,0

On voit, d'après ces chiffres, que les plantes pullulantes (sauvages) respirent plus activement que les plantes cultivées, ce qui présente une certaine importance écologue. L'emploi d'air radioactif a encore ici accru l'intensité des phénomènes respiratoires et nulle part on n'a trouvé, parmi les produits de sécrétion d'autre acide, organique ou minéral, que l'acide carbonique.

Ce sont là des données qui nous semblent d'un haut intérêt physiologique, au point de vue surtout de l'alimentation minérale des plantes par le sol, cette alimentation devant être d'autant plus facile que les principes nutritifs qui s'y trouvent se dissolvent plus aisément; en d'autres termes, que la production d'acide carbonique et l'énergie respiratoire sont plus intenses.

Il est remarquable que l'émanation du radium, en milieu aéré, n'agit favorablement que par ses rayons α; les rayons β produisent l'effet contraire, c'est-à-dire dépriment la respiration aérobie et excitent la respiration anaérobie; ils activent surtout les phénomènes de réduction, tandis que les rayons α favorisent, de préférence, les oxydations.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Sur l'uréase et l'urée chez les Champignons.* Note de MM. A. Goris et P. Costy, présentée par M. Guignard.

Nous avons montré (¹) que l'uréase existe chez presque tous les Champignons supérieurs et en proportion variable. Nous envisagerons aujourd'hui sa localisation dans les diverses parties du Champignon, et son mode de préparation.

La répartition du ferment dans le thallophyte est loin d'être uniforme. En étudiant séparément le pied, le chapeau et l'hyménium, on constate que l'uréase existe dans toutes les parties de l'organe végétatif, mais que l'hyménium surtout possède la plus grande activité fermentaire.

La méthode que nous avons suivie pour cette étude est celle que nous avons indiquée à propos de la recherche de l'uréase dans les Champignons. Nos expériences ont porté sur un grand nombre d'espèces et, pour quelques-unes d'entre elles, nous avons résumé les résultats dans le Tableau suivant. Les chiffres indiqués représentent le nombre de centimètres cubes d'une solution d'urée $\frac{n}{10}$ soumise à l'influence d'un poids donné de tissus frais de Champignon, pendant 6 heures d'étuve à 37°.

Ce nombre de centimètres cubes correspond à la quantité d'HCl nécessaire pour neutraliser le carbonate d'ammoniaque formé par hydrolyse de l'urée sous l'influence du ferment. Il est plus facile de l'exprimer en volume qu'en poids.

	Pied.	Chapeau.	Hyménium.
Boletus edulis Bull.	3,3	5,5	7,5
» *scaber* Bull.	0,2	0,4	1,9
Cortinarius alboviolaceus Pers.	0,6	0,7	1,4
» *torvus* Fr.	0,4	0,5	0,9
Hydnum amicum Quel.	0,3	0,8	0,8
Lactarius torminosus Schæff.	1,1	0,8	3,5
» *piperatus* Scop.	0,8	0,7	2,1
Polyporus squamosus Fr.	0,3	0,5	1,9
Russula fœtens Pers.	1,2	2,7	5
» *cyanoxantha* Schæff.	1,6	1,3	4,7
Tricholoma album Schæff.	1,6	2.5	3,4
» *saponaceum* Fr.	0,3	0,8	1,3

(¹) A. Goris et P. Costy, *Uréase et urée chez les Champignons* (*Comptes rendus*, t. 175, 1922, p. 539).

Ce Tableau nous montre que, quel que soit le genre auquel on s'adresse, l'organe reproducteur est toujours le plus riche en uréase. Le pied et le chapeau jouissent également d'une certaine activité diastasique, plus élevée semble-t-il, chez ce dernier, dans la majorité des cas, avec quelques exceptions cependant.

Si nous voulions établir une classification des espèces étudiées suivant leur richesse en ferment, nous les rangerions en suivant un ordre décroissant, dans les genres *Boletus*, *Clitocybe*, *Trametes*, *Entoloma*, *Russula*, *Lactarius*, *Tricholoma*, *Polyporus*, *Cortinarius*, *Collybia*, *Hydnum*, *Telephora*.

Le Bolet comestible nous a donc paru l'espèce la plus propice à la préparation de l'uréase. Nos essais pour obtenir ce ferment à l'état pulvérulent n'ayant pas été couronnés de succès, nous avons préparé à partir des tubes hyméniaux de ce champignon un liquide fermentaire. Il est indispensable de séparer les Bolets âgés, où les tubes ont une couleur jaunâtre, des jeunes où l'hyménium est au contraire parfaitement blanc.

On obtient en effet, dans ce dernier cas, un suc doué d'une activité diastasique beaucoup plus grande. Quant au pied et au chapeau, ils doivent être éliminés de la préparation, étant donné leur faible teneur en uréase.

Les tubes sont écrasés au mortier en présence du $\frac{1}{10}$ de leur poids de CO^3Ca. On ajoute peu à peu un volume de glycérine égal au poids de la matière première; on triture le tout pendant quelques instants et on laisse en contact dans un endroit frais pendant 48 heures. Au bout de ce temps, on filtre sur papier.

Le liquide fermentaire obtenu possède une couleur plus ou moins foncée, suivant qu'on a employé pour sa préparation des tubes jeunes ou âgés : 3^{cm^3} de ferment préparé avec des bolets jeunes, mis dans une solution d'urée portée préalablement à la température de $+37°$, doivent décomposer celle-ci en 1 heure; ces 3^{cm^3} représentent sensiblement 1^g de tissus frais de Champignon.

C'est ce que nous considérons comme une uréase active.

PROTISTOLOGIE. — *Coccidie de l'intestin de l'Anguille.* Note de MM. **L. Léger** et **A.-Ch. Hollande**, présentée par M. Henneguy.

Au printemps dernier, en examinant l'intestin d'Anguilles (*Anguilla vulgaris* Flem. var. *mediorostris* et *acutirotris* de Yarrel et Risso) provenant de l'étang de Biguglia en Corse, nous avons rencontré une Coccidie tétras-

porée du type *Eimeria* dont nous avons suivi l'évolution et qui, outre ses spores à section polygonale, présente cette intéressante particularité d'accomplir son développement jusqu'à la fécondation à la surface des cellules épithéliales, le macrogamète fécondé s'enfonçant ensuite dans la profondeur de l'épithélium pour sporuler.

Aucune Coccidie n'ayant été jusqu'ici, à notre connaissance, signalée dans l'Anguille et Stankovitch, dans sa récente révision des Coccidies des Poissons d'eau douce (*Ann. Un. de Grenoble*, t. 33, 1921), ne mentionnant pas ce Poisson comme hébergeant ces parasites, nous décrirons ici cette espèce sous le nom d'*Eimeria anguillæ* n. sp.

Description. — Nous avons suivi le développement des schizontes depuis le mérozoïte jusqu'à la schizogonie. Le mérozoïte de 4^{μ} à 5^{μ} est plus effilé à l'un des pôles, avec un noyau ovoïde submédian. A peine implanté dans la cellule par son pôle effilé, il grossit en multipliant ses noyaux et devient sphérique mais sans jamais pénétrer complètement dans celle-ci dont il déprime seulement la surface, presque toute sa masse restant en dehors. Le schizonte atteint ainsi un diamètre de 8^{μ} et se divise en une vingtaine de mérozoïtes disposés assez régulièrement en quartiers d'orange, à grand axe diversement incliné sur la surface épithéliale (*fig.* 1).

Microgamétocytes et macrogamètes présentent, comme les schizontes, le même développement extracellulaire et, à leur maturité, ils apparaissent comme fixés dans une dépression superficielle de la cellule hôte (*fig.* 2, 3 et 4). Nous n'avons pas vu trace d'appareil suceur comme Tyzzer en a signalé un chez *Cryptosporidium muris;* mais il ne paraît pas douteux que le parasite se nourrisse aux dépens de la cellule à laquelle il est fixé, car, la plupart du temps, celle-ci se montre atrophiée et flétrie. Un tel développement extracellulaire chez les Coccidies a été jusqu'ici très rarement observé. Vu pour la première fois par Laveran et Mesnil, en 1902, chez leur *Coccidium mitraria* d'une Tortue d'Asie, il a été retrouvé par Tyzzer dans ses *Cryptosporidium* de la Souris (1908-1912). Mais tandis que, dans ces deux genres, la sporogonie s'effectue également sur la surface épithéliale, chez notre espèce, le macrogamète émigre dans la profondeur de l'épithélium pour y sporuler.

Les microgamétocytes, au terme de leur croissance, sont sphériques de 6^{μ} à 8^{μ} de diamètre, et montrent leurs noyaux, d'abord formés de petits grains de chromatine disposés en cercle puis condensés et étirés et aboutissant à la formation de microgamètes relativement peu nombreux et très effilés de 8^{μ} à 9^{μ} (*fig.* 2). Détachés, les microgamètes apparaissent fili-

formes, ondulés et terminés par un cil postérieur. Leur exiguïté ne permet pas de distinguer la présence d'un cil antérieur. Fréquemment, on trouve les microgamétocytes dans le voisinage immédiat des macrogamètes comme s'il y avait une sorte d'attraction entre ces deux éléments.

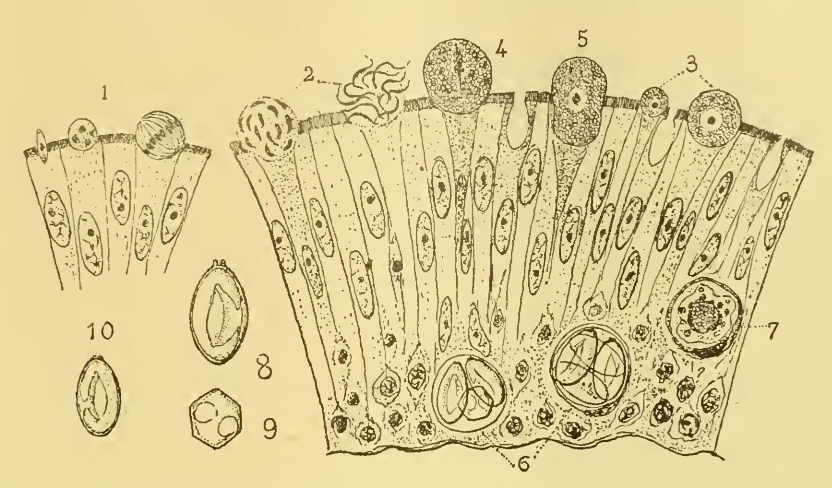


Fig. 1 à 7 : Coupe d'un intestin d'Anguille montrant les divers stades de l'évolution d'*Eimeria anguillæ* × 1000. — Fig. 8 et 9 : Spore et sa coupe transversale. — Fig. 10 : Petite spore × 1800.

Les macrogamètes, d'abord presque sphériques (*fig.* 3), deviennent ensuite ovoïdes et, comme les précédents, effectuent tout leur développement à la surface de l'épithélium; ils atteignent ainsi 11^{μ} à 12^{μ} sur $9^{\mu},5$ (*fig.* 4). A leur maturité, ils sont bourrés de grains de réserve et, dans certains, on voit des inclusions en forme de petits bâtonnets. Le noyau est central avec un gros caryosome.

La fécondation s'effectue sur place (*fig.* 4) et, une fois le synkaryon constitué, commence la sporogenèse. Mais, à partir de ce moment, on ne trouve plus les Coccidies à la surface de l'épithélium; elles sont, à l'état d'ookystes sporulés ou en voie de division, dans la profondeur toujours au-dessous des noyaux cellulaires, parfois même contre la basale. Des stades tels que celui de notre figure 5, où le macrogamète fécondé s'étire en biscuit en s'enfonçant dans l'épithélium, nous portent à admettre que, après fécondation, la Coccidie émigre, à la façon d'un ookinète, dans la région basale, où elle devient un ookyste sphérique dans lequel on suit facilement la formation de quatre spores dizoïques.

Le kyste mûr, de 10^{μ} environ, a une paroi frêle, transparente, et les

quatre spores sont souvent disposées en croix deux à deux (*fig.* 6). Les spores, de 8^{μ} sur 5^{μ}, sont apparemment ovoïdes, mais, en réalité, de contour hexagonal en coupe optique (*fig.* 9). A l'un des pôles se voit un épaississement en forme de bouton canaliculé (*fig.* 8). On trouve parfois de petits kystes renfermant quatre spores plus petites (de 6^{μ} environ, *fig.* 10).

Nous connaissons d'autres Coccidies intestinales de Poissons et de Reptiles (Diplosporidées) dont on n'a pas suivi l'évolution, et chez lesquelles les ookystes mûrs s'accumulent de même en grand nombre contre la basale, sans doute à la suite d'un processus de migration semblable à celui que nous observons chez *E. anguillæ*. On pourrait tenter de l'expliquer en admettant que l'épithélium de ces hôtes peut se défendre contre la pénétration des germes coccidiens, mais reste sans action vis-à-vis des macrogamètes mûrs ou plutôt fécondés. Ceux-ci peuvent alors pénétrer profondément, mais ils ne sont pas pour cela toujours en parfaite sécurité, car, au milieu des cellules régénératrices, beaucoup deviennent la proie d'éléments phagocytaires et dégénèrent au cours de la sporulation (*fig.* 7).

Diagnose. — *Eimeria anguillæ* n. sp. Schizogonie et gamétogenèse à la surface de l'épithélium. Ookystes sphériques à paroi mince de 10^{μ} mûrissant dans la profondeur de l'épithélium intestinal et renfermant quatre spores dizoïques apparemment ovoïdes, avec un bouton canaliculé à l'un des pôles et à section transversale hexagonale, de 8^{μ} sur 5^{μ}. Kystes à microspores de 6^{μ}.

Habitat : Intestin d'*Anguilla vulgaris* Flem. Étang de Biguglia (Corse).

HISTOGENÈSE. — *Quelques précisions sur la morphogenèse de la cellule hématique.* Note [1] de M. **L.-M. Betances**, présentée par M. Henneguy.

Nous résumons dans les lignes suivantes la constatation de quelques faits qui viennent infirmer des opinions généralement admises sur la morphogenèse de la cellule hématique des Vertébrés :

1° Chez la généralité des Métazoaires on trouve, durant le stade embryonnaire de leur développement, trois structures morphologiques identiques à celles que l'on désigne sous les noms d'hémocytoblaste primitif ou lympho-

---

[1] Séance du 13 novembre 1922.

cyte primitif, de mégaloblaste ou hématie basophile de la première génération, d'érythroblaste primitif lymphoïde, ou sous des noms synonymes. Le fait que ces cellules se trouvent chez des espèces qui ne possèdent pas des cellules érythrocytaires, pas de cellules lymphocytaires véritables à cette période du développement, non plus que des vaisseaux sanguins, prouve que ces structures ne représentent ni une cellule érythrocytaire, ni une cellule lymphocytaire, ni davantage une cellule polyblastique circulante. Ces trois structures représentent donc seulement : d'abord, le stade définitif de la différenciation spécifique et directe de la cellule polyblastique mésenchymateuse, caractérisant ainsi la cellule hématique primitive; ensuite, le stade d'accroissement de cette cellule, et finalement le début de sa différenciation spécifique. Après ce dernier stade, on trouve, chez certaines espèces parmi les Échinodermes, les Vers et les Mollusques, et aussi chez les Vertébrés (excepté l'Amphioxus), une structure qui représente évidemment la différenciation spécifique érythrocytaire de cette cellule (véritable proérythrocyte). D'autres stades lui succèdent, représentant les différents stades bien connus de différenciation ontogénétique de cette cellule hémoglobinifère et caractérisant l'érythrocyte polychromatique, l'érythrocyte et l'hématie.

2° Pendant la vie post-embryonnaire, les structures désignées sous les noms d'hémocytoblaste ou de lymphoblaste, de myéloblaste ou d'hémoblaste, d'érythroblaste de la seconde génération ou lymphoïde, etc., sont également identiques chez tous les Métazoaires. Ces formes, qui ne sont pas identiques aux formes respectives du stade embryonnaire, sont toutefois superposables. Étant donné que ces trois structures se trouvent chez tous les Métazoaires possédant ou non des cellules érythrocytaires, de la moelle osseuse ou des ganglions lymphatiques, il ne peut être question qu'elles caractérisent une cellule lymphocytaire, ni un myéloblaste, ni une cellule érythrocytaire; ce sont des stades indifférenciés et polyvalents de la cellule hématique primitive (hémocytoblaste) qui représentent cette cellule pendant un stade de repos, pendant son stade d'accroissement et pendant le stade primordial de sa différenciation spécifique. A ces trois stades font suite les stades de différenciation spécifique érythrocytaire (chez les animaux possédant cette espèce de cellule), de différenciation spécifique granulocytaire, et les stades successifs de différenciation ontogénétique, respectivement de la cellule différenciée et de la cellule hématique primitive non différenciée (cellules lymphocytaires). Ces stades du vieillissement ontogénétique de la cellule non différenciée spécifiquement, peuvent commencer

dès ses premiers stades indifférenciés et polyvalents (monocytes hématiques) ou bien avant que la cellule polyblastique soit définitivement différenciée en cellule hématique primitive (monocytes histioïdes).

3° Le processus de la différenciation ontogénétique de la cellule hématique, différenciée ou non, est identique chez tous les Métazoaires. Il est représenté par la fragmentation de la chromatine en masses ou en cordons épais et homogènes (chromatorrhexis) qui tendent à se disposer auprès de la membrane nucléaire, et à isoler les nucléoles qui finalement deviennent compacts ou vésiculeux ; ou bien par la pycnose ou la chromatolyse graduelle du noyau, pendant que le cytoplasme perd également par degré sa basophilie, de l'endoplasme vers le périplasme. La différenciation spécifique de la cellule hématique obéit également chez tous les Métazoaires à un processus unique. Ce processus consiste en l'apparition graduelle d'un produit amorphe, granuleux ou en forme de cristalloïde, dans le cytoplasme. Ainsi qu'on le sait, ce produit amorphe (hémoglobine) n'apparaît que chez les Vertébrés (excepté l'Amphioxus) et chez certaines espèces d'Échinodermes, de Vers et de Mollusques. Le produit granuleux apparaît chez tous les Métazoaires.

4° Jamais nous n'avons pu constater chez les Métazoaires, soit *in vivo*, soit *in vitro*, une image cytologique qui nous permette de comprendre la formation d'un tissu réticulaire ou autre, d'origine mésenchymateuse, par des cellules hématiques même encore indifférenciées. Nous n'avons pas non plus trouvé une image qui nous représente une cellule différenciée dans le sens érythrocytaire se transformant en cellule granulocytaire ou *vice versa*, pas plus qu'une cellule granuleuse oxyphile se transformant en cellule neutrophile ou inversement. Le fait décrit par un grand nombre de chercheurs, qui consiste en la transformation d'une cellule hématique non différenciée spécifiquement mais différenciée ontogénitiquement (lymphocytes ou monocytes), en cellule granuleuse ou en cellule érythrocytaire, ou bien encore en cellule réticulaire fixe, n'a pu être vérifié par nous pendant les nombreuses années de nos recherches. Au contraire, de même que la plupart des hématologistes, nous avons constaté fréquemment, et presque constamment chez certains Invertébrés ou Vertébrés inférieurs, des cellules à noyaux indifférenciés, présentant un cytoplasme différencié dans le sens érythrocytaire ou granulocytaire ou bien à noyaux différenciés ontogénétiquement présentant un cytoplasme indifférencié. Nous avons également trouvé, de même qu'un grand nombre d'auteurs, des cellules à

noyau indifférencié, de cellule polyblastique, présentant un cytoplasme différencié dans le sens granulocytaire (granulocytes histioïdes). Ces faits nous laissent dans la conviction que jamais une cellule hématique ne peut acquérir une capacité polyblastique pas plus qu'elle ne peut rajeunir après avoir vieilli. Nous sommes également convaincu qu'une cellule différenciée spécifiquement dans un sens est incapable de se différencier dans un autre. Lorsqu'une cellule polyblastique ou une cellule hématique indifférenciée présente des granulations ou de l'hémoglobine dans son cytoplasme, ou bien lorsqu'un noyau différencié ontogénétiquement présente un cytoplasme jeune ou inversement, le phénomène peut s'expliquer par une différenciation spécifique ou, dans le second cas, par un vieillissement prématuré de la cellule, ou bien par un retard dans la différenciation spécifique dans le cas contraire. Ces phénomènes biologiques sont d'ailleurs assez connus, de même que quelques-unes de leurs causes déterminantes.

Quant à la loi générale de la morphogenèse de la cellule hématique pendant sa différenciation ontogénétique et phylétique que nous maintenons ici établie, elle a cependant des exceptions lorsque la cellule est dans un état pathologique, ou qu'elle se trouve dans certains cas fonctionnels en dehors de ceux déjà écrits.

La séance est levée à 16 heures.

A. Lx.

ERRATA.

(Séance du 2 octobre 1922.)

Note de MM. *Albert Perrier* et *R. de Mandrot*, Élasticité et symétrie du quartz aux températures élevées :

Page 622, avant-dernière ligne, *au lieu de* $c_{33} = \frac{1}{s_{33}}$ et $c_{11} = \frac{1}{s_{11}}$, *lire* $\frac{1}{s_{33}}$ et $\frac{1}{s_{11}}$.

Page 623, ligne 19, tableau, *au lieu de* 581... 9060, *lire* 9260.

Page 624, ligne 15, *au lieu de* accroissement de la résistance, *lire* affaiblissement de la résistance.

(Séance du 30 octobre 1922.)

Note de M. *de Séguier*, Sur les diviseurs de certains groupes linéaires galoisiens :

Page 742, ligne 1, *au lieu de* $\dot{v} - \dot{v}$, $\dot{v}$, *lire* $v - \dot{v}$, v.

Page 742, ligne 23, *après* $\frac{(n-1-i)!}{(i-2)!}$, *ajouter* y_{n+1-i}.

Page 743, ligne 5, *au lieu de* X_0 divise, *lire* X_2 divise.

(Séance du 6 novembre 1922.)

Note de M. *Pereira de Souza*, Sur les roches éruptives de la bordure mésozoïque et cainozoïque de l'Algarve et leur âge géologique :

Page 823, ligne 9 en remontant, *au lieu de* berindrite, *lire* berondrite.

Page 824, ligne 2, *au lieu de* [7.2.4.(a)], *lire* [7.2.4(3)].

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

Ouvrages reçus dans les séances d'octobre 1922.

Traité d'Analyse, par Émile Picard. Tome I : *Intégrales simples et multiples; l'équation de Laplace et ses applications; développements en séries; applications géométriques du calcul infinitésimal.* Troisième édition revue et augmentée avec la collaboration de Gaston Julia. Paris, Gauthier-Villars et Cie, 1922; 1 vol. 25cm.

Traité des matières colorantes organiques et de leurs diverses applications, par Édouard Ehrmann. Préface de M. A. Haller. Paris, Dunod, 1922; 1 vol. 25cm,5. (Présenté par M. Haller.)

Tables logarithmiques à treize décimales, par H. Andoyer. Paris, J. Hermann, 1922; 1 vol. 28cm,5.

Almanach scientifique, 1923. Éditions de *Sciences et voyages*, 1922; 1 fasc. 31cm,5. Contient l'article suivant : *L'Académie des Sciences de Paris*, par Pierre Gauja.

Minéralogie de Madagascar, par A. Lacroix. Tome II : *Minéralogie appliquée; lithologie.* Paris, Augustin Challamel, 1922; 1 vol. 28cm.

Théorie des nombres, par M. Kraïtchik. Préface de M. d'Ocagne. Paris, Gauthier-Villars, 1922; 1 vol. 25cm.

Fédération française des Sociétés de Sciences naturelles. Office central de faunistique. *Faune de France*, fasc. 4 : *Sipunculiens, Echiuriens, Priapuliens*, par L. Cuénot. Paris, Paul Lechevalier, 1922; 1 fasc. 25cm. (Présenté par M. Bouvier.)

Un Institut d'Optique à Paris au XVIIIe *siècle*, par G. Bigourdan. Extrait des *Comptes rendus du Congrès des Sociétés savantes en* 1921 : *Sciences.* Paris, Imprimerie nationale, 1922; 1 fasc. 25cm.

Le déterminisme et l'adaptation morphologiques en Biologie animale (1re Partie), par R. Anthony. Extrait des *Archives de Morphologie générale et expérimentale.* Paris, Octave Doin, 1922; 1 vol. 25cm. (Présenté par M. E. Bouvier.

Collection de monographies sur la théorie des fonctions, publiée sous la direction de M. Émile Borel : *Méthodes et problèmes de théorie des fonctions*, par Émile Borel. Paris, Gauthier-Villars, 1922; 1 vol. 25cm.

Géographie de Madagascar, par A. Dandouau. Paris, Émile Larose, 1922; 1 vol. 25cm.

Annales de Paléontologie, 1916-1921. *Les Mammifères de l'Éocène inférieur français et leurs gisements,* par Pierre Teilhard de Chardin. Paris, Masson et Cie, s. d.; 1 vol. 28cm.

Les Hélicoptères. Recherches expérimentales sur le fonctionnement le plus général des hélices. Études sur la mécanique de l'hélicoptère, par W. Margoulis. Paris, Gauthier-Villars et Cie, 1922; 1 vol. 23cm. (Présenté par M. Maurice d'Ocagne.)

Diagnostic chirurgical, pnr DUPLAY, ROCHARD et DEMOULIN. Septième édition entièrement remaniée, par E. ROCHARD et W.-M. STERN. Paris, Octave Doin, 1921; 1 vol. 25cm. (Présenté par M. Bazy.)

Décomposition de $a^n \pm b^n$ *en facteurs dans le cas où nab est un carré parfait, avec une table des décompositions numériques pour toutes les valeurs de a et b inférieures à* 100, par M. KRAÏTCHIK. Paris, Gauthier-Villars et Cie, 1922; 1 fasc. 23cm. (Présenté par M. Maurice d'Ocagne.)

Comptes rendus des séances de la cinquième Conférence de la Commission permanente et de la troisième et dernière Assemblée générale, assemblée générale de dissolution de l'Association internationale de Sismologie, réunie à Strasbourg les 24 *et* 25 *août* 1922, rédigés par l'ancien Secrétaire général R. DE KÖVESLIGETHY. Budapest, Victor Hornyànszky, 1922; 1 fasc. 32cm.

Voyage géologique d'Henri Gadeau de Kerville en Syrie (avril-juin 1908). Tomes deuxième et troisième : *Mollusques terrestres et fluviatiles de Syrie*, par LOUIS GERMAIN. Tome premier : *Introduction et Gastéropodes*. Tome second : *Pélécypodes*, index et 23 planches. Paris, J.-B. Baillière et fils, 1922; 2 vol. 25cm. (Présentés par M. Joubin.)

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 27 NOVEMBRE 1922.

PRÉSIDENCE DE M. ÉMILE BERTIN.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

MÉCANIQUE. — *Gravitation einsteinienne. Statique. Points singuliers. Le point matériel. Remarques diverses.* Note de M. **Marcel Brillouin**.

Dans les problèmes statiques de gravitation einsteinienne, nous n'avons à considérer que les trois coordonnées spatiales, et devons laisser de côté le temps qui n'exerce aucune influence. Autrement dit, les $g_{\mu\nu}$ ne dépendent pas du temps dans l'expression générale du ds^2.

1. Fixons d'abord notre attention sur un ds^2 spatial pur $(dt = 0)$ et écrivons

$$ds^2 = S_{\mu\nu}\, dx_\mu\, dx_\nu \qquad (\mu, \nu : 1, 2, 3).$$

La nature de l'espace non euclidien est fixée si l'on connaît explicitement les $S_{\mu\nu}$ en fonction des x; il y entre naturellement, comme dans toute fonction, un certain nombre de constantes. Quand on étudie géométriquement un tel espace, on exclut d'ordinaire, explicitement ou implicitement, les cas où les fonctions S présenteraient des singularités.

On peut aussi ne posséder, pour la détermination des $S_{\mu\nu}$, que des relations entre leurs dérivées partielles; c'est ce qui arrive en gravitation einsteinienne. Pour achever la détermination, la connaissance des conditions aux frontières est indispensable. En particulier, si les équations aux dérivées partielles entre les S sont celles du champ einsteinien hors des masses pesantes, et pour une infinité d'autres systèmes d'équations aux dérivées partielles, la connaissance des points singuliers, où les équations

cessent d'être valables, et des intégrales fondamentales correspondantes $\left(\frac{m}{r}\text{ en gravitation newtonienne}\right)$ est indispensable.

De ces remarques banales, il résulte que la première étude qui s'impose est celle des intégrales fondamentales des équations aux dérivées partielles qui définissent les S.

2. Plaçons-nous d'abord au point de vue géométrique; nous énoncerons le même problème, en disant qu'il faut chercher la nature des points singuliers les plus simples compatibles avec la définition générale de l'espace non euclidien à étudier.

Supposons qu'on puisse trouver un point autour duquel cet espace est isotrope, c'est-à-dire tel qu'en prenant ce point pour origine on puisse écrire

$$ds^2 = S_1(R)\,dR^2 + S_2(R)\,(d\theta^2 + \sin^2\theta\,d\varphi^2);$$

$2\pi\sqrt{S_2}$ est alors la longueur de la circonférence de grand cercle de la sphère définie par le paramètre R. Je prendrai R nul au point central. Alors

$$r = \int_{R=0}^{R} \sqrt{S_1}\,dR$$

est la longueur radiale comptée du point central jusqu'à la sphère R. J'appellerai diamètre la longueur $2r$.

Le rapport de la circonférence au diamètre

$$\Pi = \frac{2\pi\sqrt{S_2}}{2\int_0^R \sqrt{S_1}\,dR},$$

variable avec R, est caractéristique de l'espace non euclidien étudié.

Tant que ce rapport reste fini, non nul, on ne peut pas parler de singularité. Mais, aux points où ce rapport devient *infini* ou *nul*, on atteint évidemment une frontière singulière (*catastrophique*) de l'espace étudié. La singularité est de l'espèce la plus simple lorsqu'elle se produit en un seul point, qui est alors le point central ($r = 0$, $R = 0$). Dans chaque espace non euclidien, défini par un système donné d'équations aux dérivées partielles entre les S, le rapport Π aura un mode de croissance particulier au voisinage du point singulier ; ce mode de croissance sera caractéristique de l'espace.

Il y aura donc lieu d'étudier les propriétés de l'espace soit en l'absence de tout point singulier, soit en présence d'un point singulier simple unique,

soit en présence de points singuliers discrets possédant — approximativement — à leur voisinage immédiat la symétrie du point singulier unique, soit de points singuliers complexes résultant de la concentration d'un ou plusieurs points simples, etc.

Il semble qu'il y ait à entreprendre une étude générale des points singuliers caractéristiques des espaces non euclidiens définis par des équations aux dérivées partielles entre les S. *C'est un travail de purs mathématiciens.*

3. Revenons à la gravitation einsteinienne. Les équations aux dérivées partielles d'Einstein entre les $g_{\mu\nu}$ ont été intégrées, comme on sait, par Schwarzschild (1916) dans le cas du champ isotrope statique. Mais le choix de l'origine des R et des r n'a été défini rigoureusement que dans le cas où le voisinage du centre est occupé par une sphère de densité uniforme (Schwarschild) ou formée de couches sphériques dont la densité suit une loi quelconque (Brillouin, 1922). Il semble que la notion de point matériel — si utile en gravitation newtonienne — n'ait pas encore été introduite correctement en gravitation einsteinienne.

J'appelle point matériel, *le point où le rapport* Π *devient infini, et,* masse *de ce point, la fraction* $\frac{1}{4\pi}$ *de la longueur de la circonférence de la sphère ponctuelle qui l'enferme.*

Les termes de cette définition ne sont contradictoires qu'en géométrie euclidienne. Ils définissent la singularité essentielle du champ géométrique (de gravitation) einsteinien.

Pour le point matériel, *avec l'origine* (définie au paragraphe 2) *en ce point*, le ds^2 s'écrira

$$(\text{I})\quad \begin{cases} ds^2 = \gamma c^2\, d\tau^2 - \dfrac{1}{\gamma}\, d\text{R}^2 - (\text{R}+2m)^2\,(d\theta^2 + \sin^2\theta\, d\varphi^2), \\ \gamma = \dfrac{\text{R}}{\text{R}+2m}, \\ r = \sqrt{\text{R}(\text{R}+2m)} - \dfrac{m}{2}\,\text{Log}\left[\dfrac{\text{R}+m+\sqrt{\text{R}(\text{R}+2m)}}{m}\right]. \end{cases}$$

Point matériel de masse: $\frac{9.10^{20}}{2\times 6{,}68.10^{-8}}\, m(\text{G}r)$ à l'origine, $r=0$, $\text{R}=0$.

Au centre, $r=0$, $\text{R}=0$, où le rapport $\pi\frac{\text{R}+2m}{r}$ devient infini, la *circonférence du point* est $4\pi m$, conformément à l'énoncé (au lieu de zéro). C'est la valeur finie de la circonférence du point — ou mieux la valeur finie $4\pi(2m)^2$ de sa surface sphérique — qui constitue la singularité relative au point matériel.

Remarque. — Pour les corps sphériques de densité finie, les formules de Schwarzschild indiquent l'existence d'une sphère catastrophique, qui peut être envisagée comme une sphère de points singuliers, *non concentrée en un point unique;* le champ extérieur d'une sphère, en gravitation einsteinienne, *n'est pas* équivalent au champ de la même masse concentrée en son centre.

Cela soulève toute la question des lois d'addition dans l'espace einsteinien.

4. La recherche du champ statique de n points matériels est donc la recherche des intégrales qui donnent au ds^2 dans le voisinage de chacun des points matériels la forme I.

Mais, comme l'espace n'est pas préexistant aux points matériels mais, pour ainsi dire, créé par eux, il faudrait trouver une bonne manière — correcte au point de vue logique — de définir la configuration donnée des n points. C'est évidemment la longueur minima de géodésique, ou la durée minima de parcours par un petit corps, entre les deux points, qui jouera le même rôle que la distance rectiligne en géométrie euclidienne.

5. En outre il paraît nécessaire de discuter plus complètement les principes de la Dynamique einsteinienne. La géodésique parcourue par le *petit corps d'épreuve* est définie par le ds (dû aux corps actifs et aux potentiels d'accélération des coordonnées), *supposé indépendant de la position du mobile.* C'est ce qu'on peut admettre sans difficulté pour un petit *corps d'épreuve*, de masse infiniment petite.

Mais les raisons que l'on a en gravitation newtonienne d'effacer ce qui provient du corps mobile pour déterminer le champ de force qui le meut, ne paraissent pas aussi évidentes dans l'espace einsteinien, pour un corps ou un point matériel de masse finie. C'est donc la géodésique de l'espace variable déterminé par le mouvement du point singulier, et suivie par ce point singulier lui-même, à laquelle il faudrait donner une signification bien définie, quoique, sur cette géodésique même, γ (form. I) soit nul, ce qui rend infini le coefficient de dR^2. Je me borne à faire sentir le caractère de la difficulté, sans prétention à l'énoncer correctement. Il semble y avoir là un point délicat qui mérite l'attention des mathématiciens.

NAVIGATION AÉRIENNE. — *Expériences de guidage, par brume, des dirigeables au moyen du procédé de M. W. A. Loth et leurs conséquences.* Note de M. E. **Fournier.**

J'ai exposé déjà, en novembre 1921, à l'Académie la méthode de guidage électrique des avions, dans la brume, obtenue après de longues recherches par M. Loth. Ces recherches avaient été effectuées, à la demande de M. le Sous-Secrétaire d'État de l'Aéronautique et des Transports aériens, frappé des résultats concluants du système du même auteur, pour le guidage des navires, par brume, suivant un câble immergé dans les passes d'un port, et qui venait d'être adopté par la Marine de guerre.

A la suite de la solution obtenue pour les avions, M. Laurent-Eynac avait décidé de faire profiter les dirigeables des mêmes avantages. Le Service Technique de l'Aéronautique et le Service de l'Aviation maritime élaborèrent un programme d'expériences et chargèrent, cette année, la Commission d'Études pratiques des dirigeables de Rochefort de poursuivre les expériences, ce qui a été fait de la façon la plus heureuse.

En dehors des détails de réception et d'émission, les expériences avaient pour but d'étudier les meilleures méthodes de navigation et d'atterrissage à employer pour utiliser complètement le nouveau procédé de navigation. Sans entrer dans des détails, on peut dire que l'appareillage de réception employé est accordé sur la fréquence d'émission et de dimensions réduites. Il a permis de mettre en lumière des résultats expérimentaux particulièrement intéressants concernant l'émission. Celle-ci était réalisée à l'aide de deux lignes, l'une aérienne, sur poteaux, de 2^{km} de longueur, l'autre, enterrée, d'une longueur de 1^{km}. Ces deux lignes pouvaient émettre séparément ou simultanément. Or la portée du tronçon aérien de 2^{km} a été trouvée égale à 2^{km}, celle du tronçon souterrain de 1^{km} a été trouvée égale à 1^{km}, portées toutes deux égales, respectivement, aux longueurs mêmes des lignes émettrices. Cette proportion ne se conservera évidemment pas pour des lignes de longueurs croissantes, mais la loi de décroissance présente un intérêt considérable pour le guidage. Les deux lignes émettant simultanément ont donné une portée de 3^{km}, le dirigeable naviguant à 120^{m} et la mise en résonance de la ligne a permis d'obtenir, à terre, une portée de 16^{km}.

Le fait que le fil-guide enterré peut avoir une telle portée s'explique si l'on sait que le retour des lignes de courant se fait par le sol à une profon-

deur considérable, variable, avec la fréquence. On réalise, ainsi, un cadre émetteur de grande surface à une seule spire. Des expériences ultérieures détermineront la fréquence optima à employer dans le cas de fils-guides enfouis dans le sol.

Le rapport transmis, après avoir mentionné que le passage du ballon au-dessus de la ligne de guidage, se détermine avec une précision de quelques mètres et que la position du dirigeable par rapport à la ligne se reconnaît facilement par la mise en série des cadres deux à deux, conclut que la recherche de la ligne est facile lorsque le ballon revient à sa base sur relèvement radiogoniométrique, les positions relatives du poste de T.S.F. et de la ligne, ainsi que l'orientation de cette dernière, étant connues.

Tous les essais faits dans cette voie ont amené le dirigeable sur le câble. La ligne de guidage de Rochefort n'ayant pas la longueur suffisante, la Commission des dirigeables de la Marine demande, étant donné les résultats obtenus, que la poursuite des études relatives au nouveau procédé de navigation, notamment l'étude de la forme du champ magnétique aux grandes altitudes et l'étude des méthodes de navigation et d'atterrissage soient continuées sur une grande échelle, au centre d'aérostation de Cuers.

Les séries d'expériences faites avec le *câble-guide enterré* ont, en dehors des applications militaires qui en découleront, une autre importance. Elles confirment l'idée qu'avait exprimée précédemment M. Loth, à savoir que ses dispositifs de guidage apporteraient un utile concours, et surtout la sécurité nécessaire, dans l'exécution des projets, ayant en vue d'établir un service de transports rapides à travers le Sahara, entre nos possessions africaines septentrionales et occidentales, avec des autos (à chenilles, par exemple) et avec des avions. Il suffirait pour cela d'équiper ces mobiles de manière à suppléer à la radiogoniométrie, impuissante, dans ces régions désertiques surchauffées, à les maintenir en bonne route, d'un relais à l'autre. Le projet de M. Loth, pour y parvenir, consiste à enfouir dans le sable, à partir du centre de chacun de ces relais, un *fil-guide* s'étendant transversalement à cette route, assez loin pour que ceux de ces mobiles, les avions surtout, qui en seraient déviés faute d'observations précises, soient assurés de le rencontrer de manière à se guider ensuite, jusqu'à son origine, à l'écoute, par exemple.

On voit par quel enchaînement de conséquences avantageuses les pouvoirs publics auront ainsi contribué à l'expansion française, si désirable, à travers le Sahara, depuis notre frontière algérienne, jusqu'à Tombouctou.

BOTANIQUE. — *Sur l'existence de corps protéiques particuliers dans le pollen de diverses Asclépiadacées.* Note de M. L. GUIGNARD.

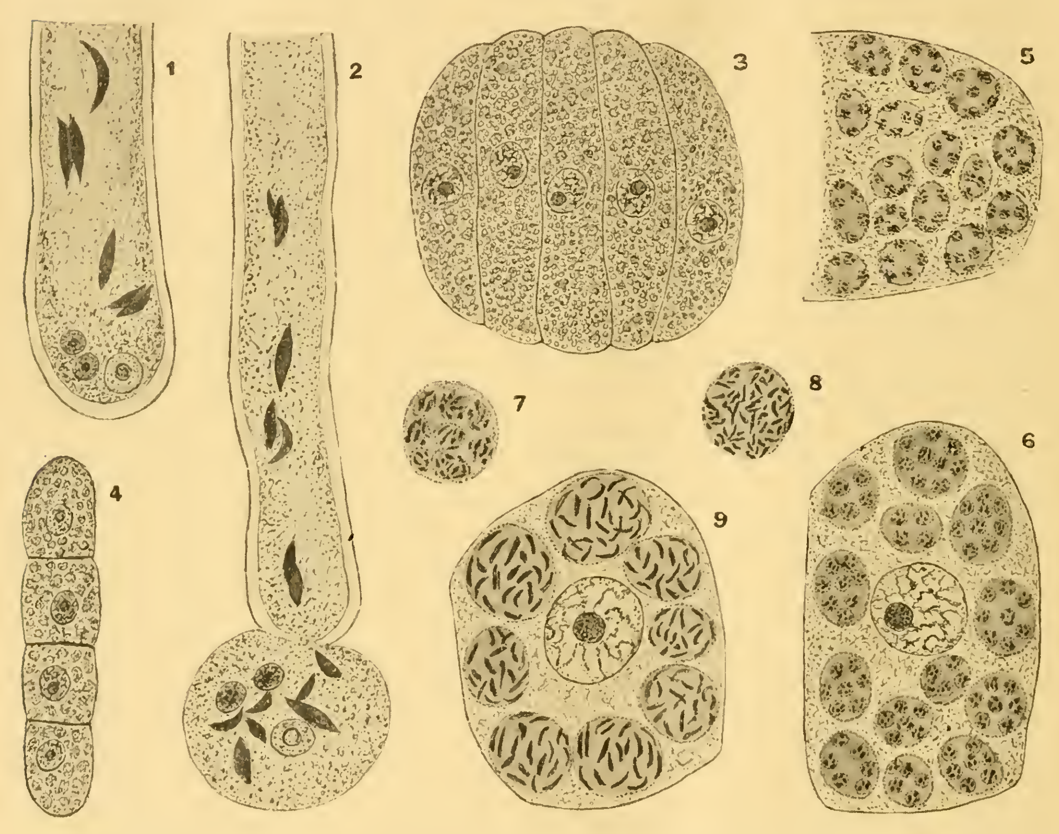
Au cours de mes récentes recherches sur la fécondation et la polyembryonie des *Vincetoxicum* (¹), des observations comparatives m'ont amené à constater, dans le pollen de plusieurs autres Asclépiadacées, la présence d'éléments figurés d'une nature spéciale, qui n'ont pas encore été signalés jusqu'à ce jour.

C'est d'abord chez l'*Asclepias syriaca* L., dans les tubes polliniques se dirigeant vers le micropyle des ovules après leur pénétration dans la cavité ovarienne, que ces corps particuliers, accompagnant les noyaux polliniques, ont attiré mon attention; ils ont été observés ensuite dans les mêmes conditions chez l'*A. curassavica* L. et le *Gomphocarpus fructicosus* R. Br. Mais, en raison de l'impossibilité de suivre un même tube dans toute sa longueur, à partir de la pollinie d'où il sort jusqu'au micropyle ovulaire, leur étude ne pouvait se faire qu'en examinant un assez grand nombre de tubes polliniques obtenus en culture artificielle. Pour cela, les pollinies, détachées du stigmate de la fleur, ont été mises à germer dans le milieu indiqué à propos de l'étude des noyaux générateurs du *Vincetoxicum* (²).

Les pollinies de l'*A. syriaca*, plus grosses que celles des autres espèces examinées, fournissent aussi des tubes d'un plus grand diamètre. Dans l'espace de 24 heures environ, à une température voisine de 25°, ils atteignent une assez grande longueur et le contenu des cellules qui leur ont donné naissance passe tout entier à leur intérieur. La figure 1 montre la partie terminale d'un de ces tubes, où l'on voit, en arrière du noyau végétatif et des deux noyaux générateurs plus petits que le premier, des corps allongés en forme de fuseaux assez renflés dans leur partie médiane, plus ou moins courbés en croissant et effilés à leurs extrémités. La différence de tension osmotique entre le milieu de culture et le contenu du tube pollinique déterminant souvent la rupture de celui-ci à son extrémité, une partie de ce contenu s'en échappe en formant une masse arrondie plus ou moins volumineuse, comme dans la figure 2, où les noyaux sont accompagnés d'un certain nombre des corps en question, les autres étant restés à l'intérieur du tube pollinique.

(¹) *Mémoires de l'Académie des Sciences*, t. 57, 1922, p. 1 à 25.
(²) *Loc. cit.*, p. 5.

Qu'il s'agisse des tubes polliniques ou des pollinies aux divers stades de leur développement, dont il sera question plus loin, les éléments qui nous occupent sont en général tout aussi bien fixés par l'alcool fort que par les différents agents employés d'habitude dans l'étude du contenu cellulaire [1]. La méthode de coloration au fer et à l'hématoxyline leur communique une



Asclepias syriaca. — Fig. 1 et 2 (Gr. 600) : parties terminales de tubes polliniques. — Fig. 3 et 4 (Gr. 250) : 3, cellules mères primordiales encore indivises d'une très jeune pollinie; 4, les quatre cellules filles provenant de la division d'une cellule mère. — Fig. 5 à 9 (Gr. 1100) : 5, partie d'une cellule fille encore très jeune, avec ses plastides contenant des groupes de granulations; 6, cellule un peu plus âgée; 7 et 8, plastides dans lesquels le contour des groupes de granulations devient indistinct, tandis que celles-ci prennent la forme de petits bâtonnets; 9, les corps protéiques plus développés dans les plastides.

teinte très foncée, qui ne diffère pas sensiblement de celle de la substance chromatique des noyaux; mais leur différence de nature peut être très net-

(1) Dans certains cas cependant, surtout quand il s'agit des premiers stades, il est préférable d'opérer avec les solutions osmio-chromiques ou le liquide de Hollande.

tement mise en évidence par d'autres réactions. C'est ainsi qu'ils se colorent en rouge vif par la fuchsine acide ou par la fuchsine ammoniacale récente, en brun par l'iode ou par l'action successive du tannin et de l'acide osmique en solution. Le réactif de Millon, à une douce température, leur donne rapidement la teinte rose rouge des substances albuminoïdes. D'autres



Asclepias syriaca (Gr. 1100) : stades avancés du développement des corps protéiques; 10 et 11, le contour des plastides est encore visible; 12, il a disparu au dernier stade du développement. — *Gomphocarpus fruticosus* (Gr. 600) : 13, cellule d'une pollinie presque adulte; 14, état définitif. — *Asclepias linifolia* (Gr. 600) : 15, une cellule de pollinie quelque temps avant l'état adulte; 16, état définitif.

réactions microchimiques pourraient encore être citées, qui démontrent leur nature spéciale et les rapprochent des cristalloïdes protéiques rencontrés dans un assez grand nombre de plantes. Ils n'ont aucune action sur la lumière polarisée.

Assez longtemps avant la maturation des pollinies, ils possèdent déjà les caractères définitifs qu'ils offriront dans les tubes polliniques. La figure 12, par exemple, représente, à un grossissement presque double de celui des figures 1 et 2, une cellule empruntée à une pollinie d'*A. syriaca* avant l'ouverture de la fleur. Elle montre l'aspect ordinaire des corps fusiformes dans le protoplasme, à côté du noyau végétatif et des noyaux générateurs, déjà formés avant la germination du pollen.

Il n'était pas sans intérêt de rechercher l'origine et le développement de ces corps, en suivant dans diverses espèces l'accroissement des pollinies à partir de leur plus jeune âge.

Chez les *Asclepias*, les pollinies, piriformes, sont constituées chacune, au début, par un massif de cellules mères primordiales très allongées dans le sens transversal. Sur une coupe faite dans cette direction, le nombre de ces cellules varie suivant les espèces; chez l'*A. syriaca*, il est d'une dizaine dans la partie la plus épaisse de la pollinie; il est moindre dans les autres parties (*fig.* 3), ainsi que chez diverses espèces à pollinies plus petites. Chacune des cellules mères doit se diviser en quatre cellules filles, représentant quatre grains de pollen qui, dans le cas actuel, seront disposés en file (*fig.* 4) et resteront soudés entre eux pour concourir, avec les autres cellules voisines, à former la pollinie ([1]).

Avant leur division, les cellules mères renferment un protoplasme très abondant, où l'on arrive à distinguer une infinité de sphérules formant presque toute la masse protoplasmique et contenant elles-mêmes des granulations excessivement fines. Elles n'apparaissent bien délimitées qu'un peu plus tard après la division des cellules mères.

Dans la figure 5, beaucoup plus grossie que les précédentes, on a représenté une partie seulement de l'une des cellules filles, peu de temps après cette division; on y voit, nettement distinctes et isolées les unes des autres, une quinzaine des sphérules en question, de forme arrondie ou ovoïde. Ces sphérules ne sont autre chose, à mon sens, que des plastides destinés à remplir un rôle particulier. Chacun d'eux renferme, en effet, un certain nombre de petits groupes ou amas de granulations, contenues elles-mêmes dans un substratum un peu plus dense et plus colorable que la substance fondamentale du plastide qui les englobe. Ces amas granuleux sont l'origine de nos corps protéiques. Le nombre des plastides, très élevé, varie suivant les cas, et leur grosseur augmente pendant un certain temps avec l'âge de la cellule; celui des petits groupes de granulations, que l'on observe dans chacun d'eux, n'atteint ordinairement pas la dizaine (*fig.* 6 et 7).

Les granulations se changent rapidement en chapelets très courts, puis en

---

([1]) Chez les Asclépiadacées, le mode de formation du pollen n'est pas le même que chez les autres Dicotylédones; mais, dans la tribu des Périplocées, les grains de pollen, formés au contraire comme chez ces dernières, restent groupés en tétrades qui ne se soudent pas en pollinies [L. Guignard, *Remarques sur la formation du pollen chez les Asclépiadées* (*Comptes rendus*, t. 137, 1903, p. 19)].

bâtonnets grêles, qui s'incurvent bientôt légèrement et s'amincissent en pointe à leurs extrémités (*fig.* 7 et 8). En même temps, le contour de leur substratum s'estompe pour se confondre avec la substance même du plastide, de sorte que, de très bonne heure, les bâtonnets, qui grossissent peu à peu, apparaissent disséminés dans toute sa masse (*fig.* 9, 10 et 11). Ils se colorent d'une façon très caractéristique par les réactifs précédemment indiqués, et l'on reconnaît sans peine que ce sont là les corps protéiques signalés plus haut dans le tube pollinique. En observant leur grossissement progressif, on remarque qu'il s'accompagne d'une réduction, en général assez marquée, de leur nombre primitif.

Les plastides eux-mêmes peuvent aussi se fusionner plusieurs ensemble au cours du développement. Leur substance propre est tout à fait homogène, transparente et à peine plus colorable que le protoplasme cellulaire qui les entoure, mais qui s'en distingue par la présence de petits microsomes. Leur contour, encore visible au stade de la figure 11, finit par disparaître et, à partir de ce moment, leurs corps protéiques sont répartis dans tout le protoplasme de la cellule. La figure 12 représente le stade ultime du développement dans l'*A. syriaca* ou l'*A. curassavica*.

Pendant la dernière période de leur évolution, les corps protéiques peuvent, dans certains cas, se grouper et se fusionner d'une façon plus ou moins marquée.

Chez le *Gomphocarpus*, par exemple, où ils restent longtemps isolés, ils s'accolent finalement, pour la plupart, en un petit nombre de faisceaux de grosseur variable (*fig.* 13 et 14), qui passent tels quels dans le tube pollinique à la germination.

Chez l'*A. linifolia* Lag., leur fusion est beaucoup plus prononcée, car ils finissent par ne plus former qu'une ou deux masses amorphes, le plus souvent même une seule, qui n'est pas sans rappeler le « nebenkern » de certaines spermatides, et dont il serait bien impossible de soupçonner l'origine et la nature si l'on n'avait suivi tous les stades de leur évolution (*fig.* 15 et 16). En tout cas, s'ils changent de forme, ils ne disparaissent à aucun moment de la cellule.

Pendant les premières phases de leur développement, les corps protéiques ressemblent, à certains points de vue, aux éléments qui constituent le chondriome des cellules végétales et en particulier aux chondriocontes. Toutefois, s'ils se comportent de la même façon que ces derniers éléments en présence de certaines matières colorantes, ils en diffèrent par d'autres réactions

microchimiques qui dénotent, comme on l'a vu, leur nature spéciale [1]. En outre, ni leur forme en fuseau plus ou moins courbé en croissant, si caractéristique, ni leur origine particulière ne permettent de les assimiler à des mitochondries; car, tandis que ces dernières sont souvent considérées comme l'origine des plastides, c'est au contraire dans des plastides qu'ils prennent naissance. Leur existence n'est d'ailleurs pas générale chez les Asclépiadacées; à aucun moment, en effet, je n'ai réussi à les observer dans divers genres, tels que les *Araujа*, *Vincetoxicum*, *Cynanchum*, *Periploca* [2].

Quoique la présence de ces corps particuliers soit loin d'être générale chez les Asclépiadacées, mais paraisse au contraire limitée à certains genres, leur existence dans les cellules polliniques n'en est pas moins digne d'attention. On savait bien que, chez diverses plantes, les grains de pollen et même les tubes polliniques en voie de formation peuvent renfermer des substances ternaires de réserve à l'état figuré, et notamment de l'amidon, qui est consommé pour le développement du tube et se résorbe à un moment donné; mais on n'y avait pas encore constaté la présence d'éléments figurés de nature albuminoïde, qu'il y a tout lieu de considérer comme représentant aussi une substance de réserve.

A l'inverse des grains d'amidon, ces corps, d'une origine très précoce et toute particulière, ne disparaissent pas au cours du développement du tube pollinique; celui-ci les transporte jusque dans le micropyle ovulaire, où ils subissent sans doute, finalement, bien que je n'aie pas eu l'occasion de l'observer, une résorption en rapport avec les phénomènes qui accompagnent ou suivent la fécondation.

---

[1] Tandis que la méthode de Regaud, souvent employée pour la fixation des mitochondries, les déforme et les altère, l'acide acétique, au contraire, dont on évite généralement la présence dans la technique mitochondriale, les laisse parfaitement intacts, même en solution assez forte.

[2] Parfois, comme chez le *Marsdenia erecta*, il est assez difficile de les mettre en évidence. Dans cette espèce, où les pollinies sont excessivement petites (elles n'ont guère qu'un quart de millimètre de longueur) et ne se composent aussi que d'un petit nombre de cellules dont la dimension est très réduite, les quelques corps protéiques qui s'y forment apparaissent sous la forme de granulations disposées en files assez courtes, que l'on pourrait prendre pour des chondriomites, si elles ne se changeaient bientôt en bâtonnets grêles et plus ou moins effilés. Ces éléments se groupent ensuite et se fusionnent en un ou plusieurs corps, dont les réactifs permettent de déceler la véritable nature.

PHYSIOLOGIE GÉNÉRALE. — *Études sur la fermentation lactique. Action à très faibles doses de substances en apparence inoffensives.* Note de M. **Charles Richet** et de Mme **A.-G. Le Ber.**

I. L'un de nous ayant montré, dans divers travaux, que les substances toxiques (sels métalliques) même à dose minuscule (un centième de milligramme par litre) agissaient encore sur le processus de la fermentation lactique, nous avons essayé de voir si, en prenant des substances non toxiques, nous n'obtiendrions pas aussi des effets analogues.

II. Comme il s'agit là de nuances délicates, il faut procéder autrement que par la méthode acidimétrique ordinaire, puisque aussi bien la mesure de l'intensité de la fermentation doit se faire toujours par un titrage acidimétrique. Comme la mesure ne peut être faite par le titrage à la burette, il a fallu employer une méthode colorimétrique nouvelle, dont voici le principe.

Soient 40 tubes en *u*, contenant chacun exactement la même quantité de bouillon de culture. 20 de ces tubes contiennent la même quantité de la substance dont on veut connaître l'effet, et il y a 20 tubes témoins. Après qu'ils ont été tous additionnés d'une égale quantité de phénol-phtaléine, puis stérilisés. puis ensemencés au fil de platine, puis soumis à la fermentation, on détermine sur deux de ces tubes à peu près la quantité de la solution de KOH nécessaire pour avoir une teinte très légèrement rosée. Alors on met dans tous les tubes exactement cette même quantité de KOH, et on les classe, d'après l'intensité de la coloration, en cinq groupes. Les plus colorés sont estimés avoir 0 acide; les moins colorés, 4; les trois groupes intermédiaires, 1, 2 et 3 d'acide. Parfois même on ne peut faire en tout que trois groupes.

C'est une évaluation très arbitraire évidemment, mais qui permet cependant l'appréciation des plus faibles différences de teinte, et par conséquent des quantités d'acide formé.

Il va de soi que toutes les précautions nécessaires ont été prises : 1° la température de fermentation est identique; 2° la dimension et la forme des tubes sont identiques; 3° il y a de nombreuses expériences permettant d'établir une moyenne valable.

III. Nous avons d'abord essayé l'action de l'urée, substance éminemment peu active.

Voici le résultat d'un premier dosage (à la burette). Les témoins ont donné, je suppose, 100.

On a alors selon la quantité d'urée ajoutée au bouillon de culture (par litre) (moyenne de 312 dosages) :

Urée en grammes par litre.	
30	10
15	20
8	72
6	79
4	88
2	93
1	93
0,5	96
0,25	98
0,10	98
0,05	99
0,01	98
0,001	102
0,0001	100
0,00001	99

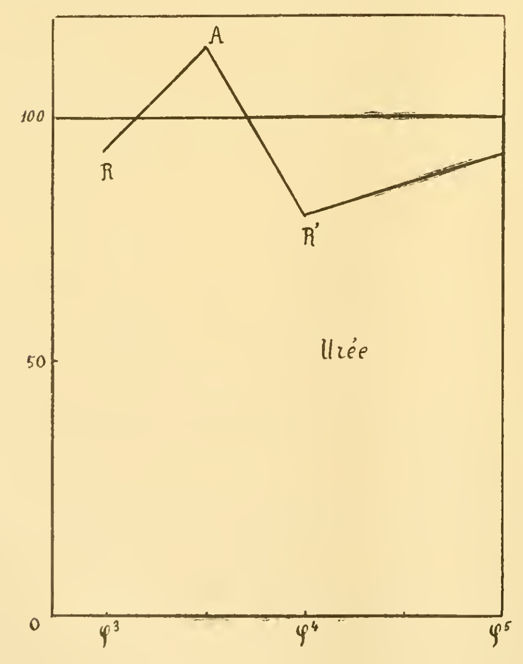


Fig. 1. — *Influence de l'urée sur la fermentation.*
(En bas $\varphi = 0{,}1$, et alors $\varphi^3 = 0{,}001$.)
R. Ralentissement primaire.
A. Accélération primaire.
R'. Ralentissement secondaire.

Ainsi l'urée n'agit (et encore très faiblement) qu'à partir de $0^g,25$ par litre.

Mais ce qui importait, ce n'était pas la connaissance de ce chiffre, c'était l'appréciation des nuances dans cette action de l'urée à faible dose.

Pour cela, nous avons eu recours à la méthode des graduations colorimétriques. Les chiffres obtenus sont très nets. Mais, qu'on le remarque bien, il n'est pas possible de comparer ces chiffres (évaluation arbitraire) aux chiffres donnés par la titration à la burette.

Nous avons trouvé alors, comme moyenne de 810 dosages :

Urée en grammes par litre.	
0,001	93
0,0005	114
0,0001	80
0,00001	93

La forme de la courbe obtenue ainsi est tout à fait identique à celle que l'un de nous a trouvée pour les solutions métalliques.

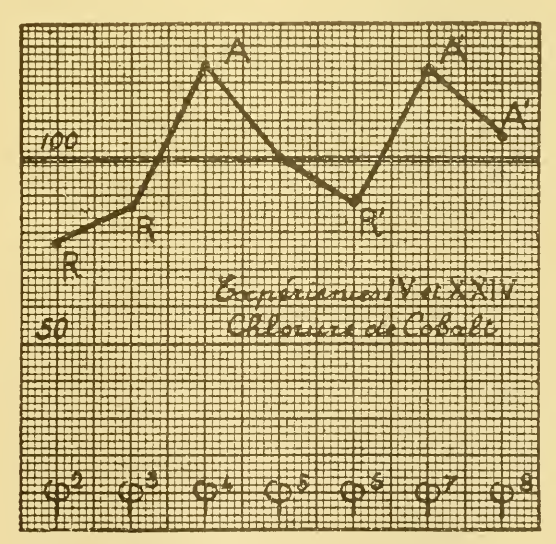


Fig. 2. — *Influence du* $CoCl^2$ *sur la fermentation.*
(Mêmes chiffres que pour la figure 2.)

IV. Avec le lait, ajouté au bouillon de culture, les résultats sont plus nets et plus surprenants encore [1].

---

[1] Il est bien entendu que les tubes ont été stérilisés après l'addition de lait.

Soit l'acidité des témoins = 100.

0,0001 de lait par litre.				0,00001 de lait par litre.			
	Nombre de tubes.		Acidité.		Nombre de tubes.		Acidité.
	26		72		14		116
	14		80		14		127
	13		81		10		112
	12		98		17		103
	16		70		12		96
					24		134
Total.	81	Moyenne.	80	Total.	91	Moyenne.	114

De ces onze expériences, concordantes, on peut conclure que l'addition au bouillon de culture de quantités infimes de lait modifie l'activité de la fermentation (ralentissement d'abord, puis accélération), de même que faisait l'urée.

Pour se rendre compte de la faiblesse insigne de ce chiffre, il faut se rappeler que le lait ne contient que 10 pour 100 de matières solides, que par conséquent le cent-millième de gramme représente en matières solides le millionième de gramme; et à supposer, comme c'est vraisemblable, que la dixième partie seulement des matières solides est active (et encore!), c'est le dix-millionième de gramme qui agit.

Il est vrai que, si l'on emploie d'autres bouillons de culture, cette action ne se retrouve plus, ou même est parfois inversée. Mais les influences des doses minuscules sont elles-mêmes tellement faibles qu'on conçoit bien qu'elles puissent être annihilées ou transformées par les plus légères modifications dans la composition du bouillon de culture.

V. *Conclusion.* — Les substances, en apparence inoffensives comme l'urée et le lait, peuvent donc exercer, malgré leur faible toxicité, malgré leur extrême dilution, une influence non négligeable sur l'activité d'un ferment.

Il s'ensuit que les microbes, puisqu'ils réagissent à ces très faibles influences, ne se trouvent *jamais* dans des conditions identiques de développement, et que leur individualité est modifiée par des actions dont la faiblesse nous échappe complètement.

SPECTROSCOPIE. — *Raies ultimes et séries spectrales.* Note de M. A. de Gramont.

Je rappellerai qu'un grand nombre de raies spectrales peuvent, pour un même élément, être ordonnées de telle manière que les valeurs exprimant les inverses de leurs longueurs d'ondes, appelées *fréquences* ou *nombres d'ondes*, fassent partie de séries algébriques convergeant vers une limite finie (¹). Soit A la fréquence de vibration qui correspond à cette position limite, la fréquence ν de chacune des raies de la série sera donnée par une expression de la forme

$$\frac{1}{\lambda} = \nu = A - \frac{N}{(m + a + R)^2},$$

N étant une constante, commune à tous les spectres, découverte par Rydberg et égale à 109675, a une constante particulière à la série, m le numéro d'ordre de la raie dans sa série, R une quantité qui tend à s'annuler pour les numéros d'ordre élevés des raies. R est généralement une fonction simple de m.

Les séries se présentent soit à l'état de raies isolées, soit à l'état de doublets, soit à l'état de triplets.

Dans les séries de doublets et de triplets, les intervalles entre les composantes, c'est-à-dire les différences $\nu - \nu'$ entre leurs fréquences, sont soumis à des lois simples.

Chaque système de séries est constitué par quatre autres : 1° la série principale; 2° la série diffuse ou première série secondaire; 3° la série fine ou deuxième série secondaire; 4° la série de Bergmann, appelée aussi « série fondamentale » et dont les termes sont, pour la plupart, dans l'infra-rouge.

Toutes les raies d'un élément n'ont pu être mises en séries. Souvent même les raies hors série forment la plus grande partie du spectre de l'élément. Lorsqu'un spectre est constitué par la juxtaposition de raies isolées, de doublets et de triplets, et que chacun de ces systèmes comprend une

(¹) La présente étude a pour base et source de références le remarquable *Report on series in line spectra* de A. Fowler, Physical Society (Fleetway Press), Londres, 1922, et aussi l'Ouvrage de W.-M. Hicks, *A Treatise on the Analysis of Spectra* (Cambridge University Press, 1922).

série principale, deux séries secondaires et une série de Bergmann, il en résulte un ensemble fort complexe.

La formule ci-dessus donnant l'expression de ν dérive de celles de Balmer, de Rydberg, et spécialement de Ritz ([1]). Les constantes, propres à chaque série, sont des fonctions périodiques du nombre atomique de l'élément : elles varient donc suivant les groupes (colonnes verticales) du Tableau des éléments de Mendéléeff.

Chaque série forme un système à caractères communs, et à modifications concordantes, renversement, déplacement sous l'influence de la pression, effet Zeeman, effet Stark.

Il semblait donc intéressant de chercher s'il existe une relation entre les séries spectrales et les raies ultimes ([2]) des éléments, raies de sensibilité maximum, les dernières à disparaître quand la teneur de l'élément qu'elles révèlent tend vers zéro.

J'ai reconnu en 1910 ([3]) que chaque fois que, dans le spectre d'un élément, une série principale avait été reconnue, celle-ci comprenait la raie ou les raies ultimes de cet élément. Pour les corps où, seules, des séries secondaires étaient encore trouvées, les raies ultimes appartenaient à la deuxième série secondaire, la série étroite. Depuis cette époque, nos connaissances de la structure des spectres ont fait des progrès considérables. Des séries principales ont été établies pour une vingtaine de corps simples, et l'on a reconnu que le premier terme ($m = 1$) de la série principale et le premier terme de la série étroite étaient communs ([4]), en confirmation des idées que j'avais émises.

Les Tableaux de longueurs d'ondes qui suivent établissent bien que, pour les éléments où des séries ont déjà pu être mises en évidence, *les raies ultimes de l'étincelle et de l'arc appartiennent toujours à la série principale des doublets*, type [H] et [K] du calcium ([5]), dont la plus réfrangible, type [K] est la plus forte et la plus persistante.

([1]) WALTHER RITZ, *Œuvres complètes*. Paris, Gauthier-Villars, 1911.

([2]) *Comptes rendus*, t. 144, 1907, p. 1101; t. 146, 1908, p. 1260; t. 155, 1912, p. 276; t. 159, 1914, p. 5; t. 166, 1918, p. 94, 365, 477; t. 171, 1920, p. 1066 (Tableau d'ensemble des raies ultimes et de grande sensibilité). — *Annales de Chimie*, t. 3, 1915, p. 115.

([3]) *Comptes rendus*, t. 151, 1910, p. 308.

([4]) De même valeur numérique, mais de signe contraire.

([5]) Conformément aux conventions adoptées par l'Union astronomique internationale (Rome, 1922), les raies de Fraunhofer, seront désormais placées entre crochets.

Les doublets de la série principale sont de très fortes raies dans l'arc, mais pour les éléments du Tableau II, ces raies sont plus fortes encore dans l'étincelle, ce qui les a fait classer parmi les raies renforcées. Dans les formules de série de ces éléments du second groupe de la classification de Mendéléeff, et pour ces raies renforcées, considérées comme dues à l'élément ionisé positivement, M. A. Fowler [1] a établi que la constante de Rydberg N doit être multipliée par le facteur 4.

Dans les flammes, comme nous l'avions déjà indiqué [2], les raies du type [g'] du calcium sont les seules ultimes. Elles appartiennent à la série principale des raies isolées. C'est pour les présentes recherches, et guidé par leurs indications générales, que j'ai reconnu récemment la présence des raies Zn λ2138,5 et Cd λ2288,0, en introduisant les oxydes ou les chlorures de zinc ou de cadmium dans la flamme du chalumeau oxyacétylénique.

La série principale des triplets (Tableau II), type [b] du magnésium, pourra être employée utilement pour les recherches chimiques, quand la série principale des doublets donnera ses raies dans la région de l'ultraviolet qui devient difficilement photographiable avec les plaques ordinaires. C'est le cas du zinc, et, jusqu'à un certain point, du cadmium.

On remarquera, sur les Tableaux ci-après, que *les raies ultimes sont toujours les premiers termes de la série principale*, ceux où l'on a $m = 1$, ou $m = 2$, dans l'expression $\nu = \frac{1}{\lambda}\cdot$ On utilise de préférence, pour les métaux alcalins, les raies à $m = 2$ parce qu'elles se trouvent dans la région facile à photographier. Le terme à $m = 1$ du cæsium est dans l'infrarouge et invisible.

Les Tableaux I (groupes I et II de la classification périodique) et II (groupe II de la même classification) ne contiennent que des lignes appartenant à des séries principales. Elles sont exprimées en longueurs d'ondes internationales.

---

(1) *Phil. Trans.*, A, t. 214, 1914, p. 225.

(2) *Comptes rendus*, t. 159, 1914, p. 5.

Tableau I (Groupes I et III).

	Série des doublets.		m.
Lithium	6707,85 (dédoublable)		1
Sodium	5895,93	5889,96	1
	3302,94	3302,34	2
Potassium	7699,01	7664,94	1
	4047,20	4044,14	2
Rubidium	7947,64	7800,29	1
	4215,56	4201,82	2
Cæsium	4593,16	4555,26	2
Cuivre	3273,97	3247,55	1
Argent	3382,86	3280,66	1
Or	2675,95	2427,98	1
Bore	2497,73	2496,78	?
Aluminium	3961,54	3944,03	1
Gallium	4172,06	4033,03	1
Indium	4511,27	4101,72	1
Thallium	5350,46	3775,72	1

Tableau II (Groupe II).

	Série des triplets (atome neutre).			m.	Série à raies isolées. (atome neutre).	m.	Série des doublets [élément ionisé (+)].		m.
Magnésium	5183,67	5172,70	5167,38	1	2852,11	1	2802,70	2795,52	1
Calcium	"	"	"	"	4226,73	1	3933,66	3968,46	1
Strontium	"	"	"	"	4607,34	1	4215,52	4077,71	1
Baryum	"	"	"	"	5535,53	1	4934,10	4554,04	1
Radium	"	"	"	"	4825,94	?	3814,43	3682,18	1
Zinc	4810,53	4722,16	4680,20	1	2138,51	1	(2061,96)	(2025,49)	1
Cadmium	5085,88	4799,91	4678,19	1	2288,02	1	2265,04	2144,39	1

Dans un récent Mémoire, M. M. Catalan [1] a réussi à ordonner en séries un très grand nombre de raies du manganèse, qui se répartissent exclusivement en triplets, ou en combinaison de trois de ceux-ci pour former un multiplet. Les deux triplets de raies ultimes ci-après, que nous avions cités comme tels [2] dès 1909, appartiennent à des séries principales, comme

[1] *Phil. Trans.*, A, t. 223, 1922, p. 127.

[2] *VIIe Congrès international de Chimie appliquée*, Londres.

on pouvait le prévoir. Le triplet bleu, dont la sensibilité maximum est dans les flammes, doit correspondre à la colonne *série à raies isolées* du tableau II, et le triplet ultraviolet à la colonne *série des doublets*, car il est attribué au spectre de l'atome ionisé, et sa sensibilité maximum est dans l'étincelle. Le spectre du chrome m'a fourni deux triplets tout à fait homologues par leurs propriétés. Ils appartiennent vraisemblablement aussi à des séries principales, c'est pourquoi je les fais correspondre ici dans le Tableau III aux triplets du manganèse.

Tableau III.

	Série des triplets (atome neutre).			*m*.	Série des triplets [élément ionisé (+)]			*m*.
Chrome........	4289,72	4274,80	4254,34	?	3605,33	3593,48	3578,68	?
Manganèse......	4034,48	4033,06	4030,80	1	2605,69	2593,73	2576,15	1

La connaissance des raies ultimes pourrait donc être utilisée avec quelque avantage, semble-t-il, pour la recherche des séries, encore inconnues pour la majorité des éléments, et particulièrement pour ceux dont les raies sont très nombreuses comme le fer, le vanadium, le titane, etc.

Je dois cependant ajouter, en terminant, que le mercure paraît faire, jusqu'à un certain point, exception aux conclusions générales de cette Note, car sa raie ultime dans toutes les sources lumineuses, λ 2536,5, ne fait pas partie d'une série principale proprement dite, mais se trouve former le terme commun (à $m = 1$) de deux séries de combinaison entre une série principale et une série étroite.

ÉLECTIONS.

Par l'unanimité de 42 suffrages, M. **H. Le Chatelier** est élu membre de la *Commission de contrôle de la circulation monétaire*, en remplacement de M. **Georges Lemoine**, décédé.

CORRESPONDANCE.

M. **Charles Camichel**, élu Correspondant pour la Section de Mécanique, adresse des remercîments à l'Académie.

M. **Edouard Perrin** prie l'Académie de vouloir bien le compter au nombre des candidats à la place vacante, dans la Section de Géographie et Navigation, par le décès de M. *L. Favé.*

MM. **Farid Boulad**, **C. Gutton**, **Gino Loria**, **P. Mahler**, **Pierre Mathieu**, **Jacques Pellegrin**, **Henry Norris Russell**, **E. Schwoerer**, **R. Teilhard** adressent des remercîments pour les distinctions que l'Académie a accordées à leurs travaux.

M. **A. Dufour** adresse des remercîments pour la subvention qui lui a été accordée sur la *Fondation Clément Félix.*

M. le **Directeur de l'École supérieure de perfectionnement industriel** et MM. **Julien Achard**, **Jean Mascart** adressent des remercîments pour les subventions accordées sur la *Fondation Loutreuil.*

M. **Paul Riou** adresse des remercîments pour l'attribution de la subvention de la *Fondation Henry Le Chatelier.*

M. le **Secrétaire perpétuel** signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° *Introduction à la théorie de la relativité. Calcul différentiel absolu et géométrie*, par H. Galbrun. (Présenté par M. P. Painlevé.)

2° Paul Baud. *Chimie industrielle.* (Présenté par M. A. Haller.)

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Sur certaines fonctions uniformes de deux variables.* Note de M. **P. Fatou**.

Dans une Communication récente ([1]) j'ai indiqué quelques rapports entre les propriétés des substitutions de Cremona et celles des fonctions méro-

([1]) *Comptes rendus*, t. 175, 1922, p. 862.

morphes de deux variables. Je vais reprendre, en le particularisant encore davantage, un exemple donné en note, ce qui va me permettre de trouver des systèmes de deux fonctions entières possédant les propriétés que j'ai mises en évidence pour certains systèmes de deux fonctions méromorphes. Je pose

$$(1)\qquad \begin{cases} x_1 = y, \\ y_1 = x\alpha(y) + \beta(y), \end{cases}$$

α et β étant des polynomes à coefficients indéterminés. En exprimant que le point $x = y = a_k$ est invariant par cette substitution birationnelle, et que l'équation en S correspondante a des racines dont le produit est λ_k et la somme μ_k, on obtient

$$\begin{cases} \alpha(a_k) = -\lambda_k, \\ \beta(a_k) = a_k + \lambda_k, \\ a_k\alpha'(a_k) + \beta'(a_k) = \mu_k. \end{cases}$$

On satisfera à la dernière équation en prenant par exemple

$$\alpha'(a_k) = \beta'(a_k) = \mu_k.$$

Une formule d'interpolation, analogue à celle de Lagrange, permettra d'obtenir les polynomes α et β supposés de degré $2q - 1$, si les a_k sont distincts et au nombre de q. On peut donc obtenir des substitutions telles que (1) ayant au moins deux points doubles à multiplicateurs > 1. Les fonctions de M. Picard attachées à l'un d'eux sont alors des fonctions entières. C'est ce qui a lieu notamment pour

$$(2)\qquad \begin{cases} x_1 = y, \\ y_1 = 2x + 4xy - 3y^2, \end{cases}$$

qui admet les multiplicateurs $\pm\sqrt{2}$ au point double $(0, 0)$ et $1 \pm i$ au point double $(-1, -1)$. En vertu du raisonnement de ma Note précédente on peut dire :

Il existe des systèmes de deux fonctions entières (indépendantes) de deux variables complexes qui ne peuvent s'approcher simultanément et indéfiniment de certains systèmes de valeurs données (1).

C'est ce qui a lieu, entre autres, pour les deux fonctions de M. Picard

(1) Dans son Mémoire *Sur une classe nouvelle de transcendantes uniformes* (*J. M.*, 1890), Poincaré dit qu'il doit être facile de former des substitutions de Cremona ayant deux points limites. Mais il ne s'est pas donné la peine de le vérifier.

attachées à la substitution (2) et au point double origine. L'une d'elles étant

$$\varphi(u, v) = au + bv + \ldots,$$

l'autre sera

$$\chi(u, v) = \varphi(u\sqrt{2}, -v\sqrt{2}) = au\sqrt{2} - bv\sqrt{2} + \ldots \qquad (ab \neq 0),$$

et ces deux fonctions ne peuvent s'approcher en même temps de la valeur -1.

L'étude des substitutions du type (1) est d'ailleurs très intéressante à divers points de vue. On peut remarquer que si (x_n, y_n) est le $n^{\text{ième}}$ conséquent de (x, y), les y_n sont liés par une relation récurrente du second ordre

$$y_{n+1} = y_{n-1}\alpha(y_n) + \beta(y_n)$$

en posant

$$y_0 = y, \qquad y_1 = x\alpha(y) + \beta(y).$$

Dans le cas très simple où $\alpha(y) = y$, $\beta(y) = 0$, on obtient de suite l'expression de y_n

$$y_n = x^{\alpha_n} y^{\alpha_{n+1}}$$

où α_n est le $n^{\text{ième}}$ terme de la suite de Fibonacci

$$1, 1, 2, 3, 5, 8, 13, \ldots$$

dont on connaît l'expression en fonction de n. Grâce à cette expression on trouve aisément que (x_n, y_n) tend vers l'origine ou vers l'infini suivant que $\left| xy^{\frac{\sqrt{5}+1}{2}} \right|$ est < 1 ou > 1. Les régions de convergence vers les deux points limites sont donc séparées par une variété analytique et transcendante (par rapport aux quatre variables réelles x', x'', y', y'', en posant $x = x' + ix''$, $y = y' + iy''$). Mais ici les deux points limites sont des points doubles singuliers auxquels ne correspondent pas de fonctions de M. Picard, et je n'ai pas pu trouver d'exemple analogue avec un point double ordinaire.

Poincaré a donné d'autre part (*loc. cit.*) un exemple dans lequel le domaine d'un point double comprend tout l'espace, sauf deux courbes analytiques dont l'une est transcendante. On voit la différence avec le cas d'une substitution rationnelle d'une seule variable, où les courbes frontières si elles sont analytiques ne peuvent être que des droites ou des cercles.

Revenons au cas général. A un point double O (avec $|s|$ et $|s'| > 1$) est attaché un domaine D qui peut être défini comme le domaine d'existence des fonctions vérifiant l'équation de Schröder et qui font l'inversion des deux fonctions méromorphes de M. Picard ; ces fonctions sont elles-mêmes

uniformes, comme Poincaré l'a remarqué (¹). Mais une étude approfondie des domaines D est difficile à cause notamment des points fondamentaux de la transformation inverse; la présence de ces points fait que, *si l'on se borne au champ réel, un domaine* D *peut être formé d'une infinité de parties distinctes* [cas de la substitution (2)]; dans le champ complexe, D est toujours connexe. J'ai trouvé sur des exemples que la frontière de D renferme toujours les points fondamentaux de la substitution inverse; c'est probablement un fait général, mais je n'ai pu le démontrer.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur le nombre des racines des fonctions holomorphes dans une courbe donnée.* Note de M. **Spyridion Sarantopoulos**, présentée par M. Émile Borel.

1. Le théorème suivant est bien connu :

Étant données deux fonctions $F(z)$, $\Phi(z)$ *holomorphes à l'intérieur d'une courbe fermée* C, *continues sur la courbe elle-même, et telles que tout le long de* C *on ait, en module,*

$$\Phi(z) < F(z),$$

les deux équations

$$F(z) = 0, \qquad F(z) + \Phi(z) = 0$$

ont le même nombre de racines à l'intérieur de C.

2. Je me propose de donner ici une extension de ce théorème dans un cas où l'inégalité $\Phi(z) < F(z)$ n'a pas lieu.

Supposons que les fonctions $F(z)$ et $\Phi(z)$ soient holomorphes à l'intérieur d'une courbe fermée C, continues sur la courbe elle-même; posons

$$\frac{\Phi(z)}{F(z)} = P(x, y) + iQ(x, y), \qquad M(z) = \left|\frac{\Phi(z)}{F(z)}\right|;$$

si l'inégalité

$$M(z) < \varepsilon P(x, y) + \mu, \tag{1}$$

où $0 \leqq \varepsilon \leqq 1$, $\mu > 0$ est toujours vérifiée sur la courbe C, les équations

$$F(z) = 0, \qquad aF(z) + \Phi(z) = 0 \qquad \left(a = \frac{1}{1+\varepsilon}\right)$$

auront le même nombre de racines à l'intérieur de C.

(¹) On en déduit facilement que les théorèmes de M. Kœbe sur les fonctions univalentes n'ont pas d'analogues dans le domaine des fonctions de deux variables.

En effet, on peut écrire

$$aF(z)+\Phi(z)=F(z)\left[a+\frac{\Phi(z)}{F(z)}\right],$$

donc on a

$$\arg[aF(z)+\Phi(z)]=\arg F(z)+\arg\left[a+\frac{\Phi(z)}{F(z)}\right].$$

Il suffit de démontrer que $\arg\left[a+\frac{\Phi(z)}{F(z)}\right]$ reste invariable lorsque z décrit complètement la courbe C. La relation (1) donne [puisque $M(z)>P(x, y)$, $\varepsilon>0$ et par suite $M(z)-\varepsilon P(x, y)>0$]

$$1\leqq\frac{\mu}{M(z)-\varepsilon P(x, y)},$$

ou

(2) $$M(z)\leqq\frac{\mu}{1-\varepsilon\frac{P(x, y)}{M(z)}};$$

mais on a

$$\frac{P(x, y)}{M(z)}=\cos\delta,$$

où δ est l'argument du point $\frac{\Phi(z)}{F(z)}$. Alors l'inégalité (2) devient

$$M(z)\leqq\frac{\mu}{1-\varepsilon\cos\delta};$$

cette relation prouve que le point $a+\frac{\Phi(z)}{F(z)}$ se trouve toujours dans la conique (ellipse ou parabole) qui passe par l'origine des coordonnées cartésiennes et a son grand axe sur l'axe de x (le pôle des coordonnées polaires étant à une distance a de l'origine). Ce point n'entoure donc pas l'origine quand z décrit la courbe C et par suite $\arg\left[a+\frac{\Phi(z)}{F(z)}\right]$ reste invariable.

Pour $\varepsilon=0$ et $\mu=1$ nous retrouvons le théorème paragraphe 1.

3. Plus généralement nous pouvons énoncer la proposition suivante : Prenons comme axe polaire l'axe des x et comme pôle un point à une distance a de l'origine de coordonnées cartésiennes.

Les fonctions $F(z)$ et $\Phi(z)$ étant holomorphes dans une courbe fermée C, continues sur cette courbe, et l'équation $\rho=\sigma(g)$ représentant une courbe qui ne peut couper que l'un des demi-axes (elle peut passer par l'origine), si l'inégalité

$$M(z)<\sigma\left[\arccos\frac{P(x, y)}{M(z)}\right]\quad\left[M(z)=\left|\frac{\Phi(z)}{F(z)}\right|\quad\text{et}\quad\frac{\Phi(z)}{F(z)}=P(x, y)+iQ(x, y)\right]$$

se vérifie toujours en tous les points du contour donné C, les équations

$$F(z) = 0 \qquad \text{et} \qquad aF(z) + \Phi(z) = 0$$

ont le même nombre de racines dans la courbe C.

CALCUL DES PROBABILITÉS. — *Sur les valeurs moyennes.* Note de M. Alf. Guldberg.

Les théorèmes importants de Tchebycheff et Markoff sur le calcul des probabilités sont établis sur les valeurs moyennes absolues. Ces théorèmes s'étendent immédiatement aux valeurs moyennes relatives [1].

Soit x une quantité pouvant prendre les valeurs distinctes positives x_1 avec la probabilité p_1, x_2 avec la probabilité p_2, ..., x_k avec la probabilité p_k, en sorte que $p_1 + p_2 + \ldots + p_k = 1$.

Supposant que la quantité x ne prenne que les valeurs $x_1, x_2, \ldots, x_\mu$, où $\mu < k$, la valeur moyenne relative de la quantité x est définie par l'expression

$$m_r = \frac{x_1 p_1 + x_2 p_2 + \ldots + x_\mu p_\mu}{p_1 + p_2 + \ldots + p_\mu}.$$

Si l'on pose

$$p'_i = \frac{p_i}{p_1 + p_2 + \ldots + p_\mu} \qquad (i = 1, 2, \ldots, \mu),$$

on a

$$m_r = x_1 p'_1 + x_2 p'_2 + \ldots + x_\mu p'_\mu,$$

où

$$\sum_1^\mu p'_i = 1.$$

On a donc le théorème suivant, dont la démonstration est textuellement analogue à la démonstration du théorème de M. Markoff sur les valeurs moyennes absolues :

La probabilité P *pour que la quantité x, bornée aux valeurs $x_1, x_2, \ldots, x_\mu$ ($\mu < k$) ne surpasse pas le multiple tm_r ($t > 1$), est supérieure à* $1 - \frac{1}{t}$.

Utilisant cette remarque, on généralise facilement le théorème de M. Markoff.

---

[1] Voir L. Bachelier, *Calcul des probabilités*, p. 8.

Soient $x_1 \leq x_2 \leq x_3 \leq \ldots \leq x_k$ et m la valeur moyenne absolue de la quantité x

$$m = x_1 p_1 + x_2 p_2 + \ldots + x_k p_k.$$

Soient $x_1, x_2, \ldots, x_\mu$ les valeurs de la quantité x, qui sont inférieures ou égales à tm $(t > 1)$, et m_1 la valeur moyenne relative à cette valeur de x

$$m_1 = \frac{x_1 p_1 + x_2 p_2 + \ldots + x_\mu p_\mu}{p_1 + p_2 + \ldots + p_\mu}.$$

Soient $x_1, x_2, \ldots, x_\nu$ les valeurs de x, qui sont inférieures ou égales à tm_1, et m_2 la valeur moyenne relative à cette valeur de x,

$$m_2 = \frac{x_1 p_1 + x_2 p_2 + \ldots + x_\nu p_\nu}{p_1 + p_2 + \ldots + p_\nu}, \qquad \ldots.$$

On a

$$m \geq m_1 \geq m_2 \geq m_3, \qquad \ldots.$$

Le théorème des probabilités composées donne celui-ci :

La probabilité P, *pour que la quantité* x *ne surpasse pas le multiple* tm_s $(t > 1)$, *est supérieure à* $\left(1 - \frac{1}{t}\right)^{s+1}$.

Pour $s = 0$ on a le théorème de M. Markoff.

L'identité

$$m = \sum_1^k x_i p_i = \sum_1^\mu x_i p_i + \sum_{\mu+1}^k x_i p_i,$$

où les valeurs $x_1, x_2, \ldots, x_\mu$ sont $\leq tm$ et les valeurs $x_{\mu+1}, \ldots, x_k$ sont $> tm$ $(t > 1)$, s'écrit, si l'on pose

$$\sum_1^\mu p_i = \mathrm{P},$$

P la probabilité que x ne surpasse pas tm,

$$m = \frac{\sum_1^\mu x_i p_i}{\mathrm{P}} \mathrm{P} + \frac{\sum_{\mu+1}^k x_i p_i}{1 - \mathrm{P}} (1 - \mathrm{P}),$$

ou

$$m = m' \mathrm{P} + m''(1 - \mathrm{P}),$$

ou

(1)
$$\mathrm{P} = \frac{m'' - m}{m'' - m'},$$

m' est la valeur moyenne relative aux valeurs de x, qui sont $\leqq tm$, m'' la valeur moyenne relative aux valeurs de x, qui sont $> tm$.

Le théorème de M. Markoff s'obtient en négligeant m' et substituant à m'' la valeur plus petite tm en (1).

Je me suis borné ici au théorème de M. Markoff, qui donne immédiatement le théorème de Tchebycheff. La généralisation aux valeurs moyennes de certaines fonctions de x se fait sans difficulté.

L'importance de l'inégalité de J.-L.-W. Jensen ([1]) se manifeste par ces recherches.

STATISTIQUE. — *Théorie des phénomènes de change.* Note de M. **Jacques Rueff**, présentée par M. Émile Borel.

I. Définitions. — Les services de statistique de chaque État publient, mensuellement, un indice dit « des prix de gros ». C'est un nombre proportionnel au prix total d'un certain assortiment de denrées et marchandises, choisi une fois pour toutes. L'indice était égal à 100 pour une période dite « période de base ».

Si I_F est l'indice des prix de gros en France, pendant un certain mois, nous appelons « pouvoir d'achat du franc en France », pour ce mois, la grandeur $\frac{100}{I_F}$, grandeur exprimée en unités égales au pouvoir d'achat du franc en France pendant la période de base.

De même, si I_A est l'indice des prix de gros en Angleterre rapporté à la même période de base, nous appelons « pouvoir d'achat de la livre sterling en Angleterre » la grandeur $\frac{100}{I_A}$, exprimée en unités égales au pouvoir d'achat de la livre sterling en Angleterre pendant la période de base.

On peut admettre que, pendant la période de base choisie (1901-1910), le pouvoir d'achat moyen d'un gramme d'or était le même en France et en Angleterre. Le pouvoir d'achat de la livre sterling était donc, pendant cette période, 25,22 fois plus grand que le pouvoir d'achat du franc; par suite, le pouvoir d'achat de la livre sterling en Angleterre, exprimé en unités égales au pouvoir d'achat du franc en France pendant la période de base, sera, à chaque instant, $\frac{100 \times 25,22}{I_A}$.

Nous appelons « cours du change du pays (2) dans le pays (1) » et dési-

([1]) *Acta mathematica*, t. 30, p. 180.

gnons par $C_{1.2}$, le nombre d'unités monétaires du pays (1) nécessaire pour acquérir l'unité monétaire du pays (2). L'unité monétaire du pays (1) permet donc d'acquérir $\frac{1}{C_{1.2}}$ unités monétaires du pays (2).

Si $\Pi_{1.1}$ est le pouvoir d'achat intérieur de l'unité monétaire du pays (1), $\Pi_{2.2}$ le pouvoir d'achat intérieur de l'unité monétaire du pays (2), nous appelons « pouvoir d'achat de l'unité monétaire du pays (1) dans le pays (2) » la grandeur

$$\frac{1}{C_{1.2}}\Pi_{2.2}.$$

II. Principes : Principe I. — *En première approximation et lorsque dans les pays* (1) *et* (2) *il n'est pas pratiqué d'émissions de papier-monnaie autres que des émissions d'origine commerciale, la monnaie du pays* (1) *s'échange contre celle du pays* (2) *à un cours qui lui donnera, à l'intérieur du pays* (2), *un pouvoir d'achat sensiblement égal à celui qu'elle possède à l'intérieur du pays* (1).

Autrement dit, le cours du change $C_{1.2}$ sera tel que $\frac{1}{C_{1.2}}\Pi_{2.2}$ soit peu différent de $\Pi_{1.1}$.

Nous appelons « disparité de la monnaie du pays (1) dans le pays (2) » la grandeur

$$\Pi_{1.1}-\frac{1}{C_{1.2}}\Pi_{2.2}.$$

Principe II. — *Les variations de la disparité de la monnaie du pays* (1) *dans tous les autres pays ont pour effet de maintenir l'équilibre de la balance des comptes du pays* (1) *ou de le rétablir lorsqu'il a été accidentellement troublé.*

La balance des comptes d'un pays est, à chaque instant, la différence algébrique entre le montant des dettes payables et celui des créances exigibles.

III. Vérification des principes. — *a. Principe I.* — Nous avons tracé sur les mêmes diagrammes les courbes du pouvoir d'achat du franc en France et dans les pays suivants : Angleterre, États-Unis, Italie, Espagne.

D'octobre 1921 à mars 1922 leur écart ne dépasse pas 6 pour 100 du pouvoir d'achat du franc en France. En 1912-13, entre la France et l'Angleterre, il ne dépassait pas 4 pour 100.

Il importe de remarquer que la théorie ne s'applique pas aux pays comme l'Allemagne et la Russie qui pratiquent l'inflation d'une manière continue.

b. Principe II. — Nous montrons dans le mémoire complet que la balance des comptes, qui ne nous est pas entièrement connue, peut être remplacée par la balance commerciale, différence entre la valeur des importations et celle des exportations, et qui est le facteur essentiel de la détermination de la balance des comptes.

L'augmentation de la disparité de la monnaie du pays (1) dans le pays (2) favorise les exportations de (1) dans (2) et entrave les importations de (2) dans (1).

Donc, si le principe II est exact, lorsque le déficit de la balance commerciale de (1) augmente, la disparité de sa monnaie dans tous les pays étrangers doit augmenter; lorsque ce déficit diminue, la disparité doit diminuer.

Autrement dit, à tout maximum de l'une des courbes doit correspondre, dans un certain délai, un maximum de l'autre, à tout minimum de l'une des courbes un minimum de l'autre.

C'est là ce que nous avons vérifié en traçant les courbes suivantes :

Disparité du franc en Angleterre, aux États-Unis, en Italie pour les années 1920-1921-1922, en Espagne, en Suisse, en Belgique pour les années 1921-1922 et commerce total de la France;

Disparité de la livre sterling dans tous les pays précités pour la même période, disparité de la livre sterling en France pour la période 1912-1913 et commerce total de l'Angleterre;

Disparité du dollar dans tous les pays précités et commerce total des États-Unis pour les années 1920-1921-1922.

Dans tous les cas la correspondance des maxima et des minima a pu être observée, l'intervalle séparant deux points correspondants étant toujours inférieur à deux mois.

La théorie peut donc être tenue pour vraie dans l'état actuel des observations économiques.

IV. Conclusion. — Cette théorie montre que les phénomènes économiques, considérés comme phénomènes statistiques présentés par des groupements d'un grand nombre d'individus, sont régis d'une manière très précise par la loi du déplacement de l'équilibre et que ce sont les variations de change qui en assurent le jeu.

Elle permet d'expliquer le merveilleux rétablissement de notre balance commerciale, présentant un déficit apparent de 13 milliards en 1920 et de 2 milliards seulement en 1921.

Elle permet de comprendre l'existence du chômage en Angleterre et

éclaire grandement les problèmes que soulèvent le règlement des dettes internationales et la question des réparations en donnant la possibilité de prévoir les répercussions de toute mesure adoptée dans ces différents domaines.

MÉCANIQUE. — *Sur le mouvement séculaire du périhélie de Mercure.* Note de M. A. **Buhl**.

Je demande à présenter quelques remarques qui me sont suggérées par la Note de M. J. Le Roux, publiée récemment ici.

Le problème des n corps, en général, ne se sépare pas en problèmes particuliers à chaque trajectoire. Mais c'est là l'aspect théorique de la question. En pratique on étudie souvent une trajectoire troublée en se débarrassant de la *variation* des éléments troublants. Il n'y a plus alors dans le problème, comme coordonnées, que celles du corps troublé.

Le problème du champ gravifique à symétrie sphérique (Einstein et Schwarzschild) fut d'abord l'analogue du problème des *deux* corps de la Mécanique newtonienne. Comment peut-on reprocher au premier de ne pas être d'accord avec un ensemble de perturbations alors que personne ne songe à reprocher cela au second?

Dans la Mécanique céleste générale conforme à la théorie d'Einstein, chaque planète devra avoir son espace-temps corrigé par l'ensemble des autres espaces-temps planétaires et, comme dans la Mécanique newtonienne, on continuera à discerner les influences séparées des espaces-temps troublants. En particulier, pour Mercure, la perturbation périhélique d'Einstein tenant uniquement au champ solaire doit pouvoir être discernée des variations venant des champs planétaires.

Puisqu'il est conforme à toutes les habitudes de la Mécanique céleste de simplifier, autant que possible, la théorie des actions troublantes, il ne doit pas être absurde, dans une théorie einsteinienne de Mercure, d'adopter provisoirement une théorie newtonienne (plus simple et d'accord avec l'autre comme cas limite) pour les perturbations provenant de planètes plus éloignées du Soleil.

Je remarque enfin que deux géodésiques différentes d'une même surface ont un certain mode de corrélation, qui se révèle dès que l'on tente de déformer la surface d'une manière quelconque.

AÉRONAUTIQUE. — *Lois de variation, dans la troposphère, des caractéristiques de l'air standard avec l'altitude.* Note de M. **Rodolphe Soreau**, présentée par M. Ch. Lallemand.

Faisant une nouvelle application de ma méthode aux observations par ballons-sondes publiées par la Commission internationale pour l'Aérostation scientifique, j'ai réparti ces observations en deux séries : la première concerne les altitudes de 0^m à 14000^m, la seconde celles de 15000^m à 30000^m.

Cette Note est relative à la première série. Elle a pour seule base expérimentale les pressions relevées au cours de 80 sondages effectués du 1er juillet 1911 au 1er juillet 1912. Le Tableau ci-dessous donne les moyennes p, ainsi que le rapport $\mu = \frac{p}{p_0}$, où p_0 est la valeur de p au niveau de la mer. En raison de l'équation d'équilibre $dp = -a\,dz$, les différences Δp de kilomètre en kilomètre peuvent être considérées comme proportionnelles aux densités a de l'air standard aux altitudes $z = 500^m$, 1500^m, 2500^m, ... De la courbe $(\Delta p, z)$ j'ai déduit les rapports $\lambda = \frac{a}{a_0}$ aux altitudes 1000^m, 2000^m, 3000^m, ..., puis les valeurs des fonctions M et L telles que

$$z = -\,\mathrm{M}\log\mu, \qquad z = -\,\mathrm{L}\log\lambda.$$

							Lindenberg.	
$\frac{z}{1000}$.	p.	$\mu = \frac{p}{p_0}$.	M.	$\lambda = \frac{a}{a_0}$.	L.	ν.	μ	λ.
0	762,5	1	19240	1	23000	1	1	1
1	675,4	0,886	19020	0,903	22570	0,981	0,885	0,902
2	596,5	0,782	18730	0,814	22375	0,960	0,782	0,813
3	525,4	0,689	18545	0,730	21950	0,943	0,689	0,730
4	461,9	0,606	18385	0,657	21925	0,921	0,605	0,657
5	404,6	0,531	18190	0,591	21890	0,897	0,530	0,590
6	353,2	0,463	17940	0,530	21760	0,872	0,462	0,530
7	307	0,403	17735	0,475	21650	0,847	0,402	0,475
8	266,1	0,349	17500	0,423	21410	0,823	0,348	0,423
9	229,6	0,301	17260	0,374	21315	0,803	0,300	0,374
10	197,4	0,259	17045	0,327	20600	0,790	0,258	0,327
11	169	0,222	16830	0,284	20120	0,779	0,221	0,283
12	144,2	0,189	16580	0,245	19645	0,769	0,189	0,244
13	123,2	0,162	16445	0,209	19120	0,772	0,162	0,209
14	105,9	0,139	16335	0,178	18675	0,777	0,139	0,178

Pour comparer mes résultats à ceux de Lindenberg, j'ai calculé les valeurs

$p_0 = 760,40$ et $a_0 = 1,247$ relatives à cette station, dont l'altitude est 116m. J'en ai déduit les rapports μ et λ, dont la concordance avec mes propres nombres est remarquable, étant donné que les deux méthodes diffèrent par leur principe et par leur documentation. De là cette conséquence : *les fonctions* M *et* L *d'un air standard d'année se conservent sur des étendues considérables, telles que l'Europe tempérée, en sorte que* p_0 *et* a_0 *suffisent à caractériser l'air standard d'une région.* (On trouverait une loi analogue pour les airs standards de printemps, d'été, d'automne et d'hiver, mais avec des fonctions M et L un peu différentes.)

Le Tableau fournit aussi les valeurs du paramètre $\nu = \frac{\mu}{\lambda}\frac{g}{g_0}$, qui serait théoriquement égal au rapport $\frac{T}{T_0}$ des températures absolues si le rapport entre la tension de la vapeur d'eau et la pression barométrique était constant, et si la température n'était pas affectée d'une façon plus complexe par les phénomènes consécutifs aux condensations dont la troposphère est le siège. ν passe par un minimum vers 12000m, altitude moyenne vers laquelle finit la troposphère.

Les courbes figuratives de M, L et ν en fonction de z ont la forme d'une onde très aplatie sur la corde limitée aux extrémités de la troposphère. En leur substituant une transversale, comme l'a déjà fait M. Rateau pour M et L, j'ai trouvé les formules approchées suivantes :

$$M = 19230 - 0,22z, \qquad L = 23000 - 0,25z, \qquad \nu = 1 - \frac{0,0205z}{1000}.$$

Le plus grand écart relatif absolu est inférieur à 0,0033 pour M, à 0,022 pour L, à 0,02 pour ν.

AVIATION. — *Sur le vol à voile en Méditerranée.*

Note de M. **Henri Fabre**, présentée par M. L. Lecornu.

I. Vol parallèle aux sillons des vagues. — L'oiseau dont nous allons décrire le vol à voile est appelé plongeon par les marins et pêcheurs ; c'est probablement le puffin des naturalistes, ou peut-être encore le pingouin commun. Nous l'avons surtout observé dans le voisinage de Toulon et des îles d'Hyères. Son envergure est d'environ 70cm. Il vole rarement par temps calme. Quand il est forcé de le faire, son vol ramé ressemble à celui du canard. Mais dès que le vent a atteint une dizaine de mètres et les vagues

50^{cm} de creux, il vole à voile. Ses ailes droites, rigides, étroites semblent alors emmanchées à demeure dans son corps comme des lames de couteau.

La direction de son vol est parallèle au sillon des vagues; il passe à 10^{cm} ou 20^{cm} de l'eau qu'il semble effleurer constamment. Sa vitesse paraît dépasser 15^{m} à la seconde. Autour de son axe longitudinal, il oscille avec une extrême rapidité, montrant alternativement son ventre blanc et son dos foncé. Il semble qu'il donne ainsi de brusques coups de gouvernail à droite et à gauche, ce qui lui permet de suivre avec précision un itinéraire bizarre en lacets à peine esquissés, dont l'ensemble est rectiligne. On dirait un automobiliste qui, tout en filant rapidement sur une route droite, donne de rapides coups de volant pour éviter les pierres ou les cahots de la chaussée.

Nous basons l'explication de ce vol sur l'hypothèse que le vent en passant au-dessus des vagues est dévié par celles-ci comme le vent qui frappe sur les collines et y produit les vents ascendants utilisés par nos aéroplanes actuels sans moteurs. Nous admettrons que chaque molécule décrit dans un plan vertical une courbe analogue à une sinusoïde. La quantité d'air qui monte est égale en moyenne à la quantité d'air qui descend, mais il y a un flanc de la sinusoïde où le vent monte et un flanc où il descend. Si les vagues ont des sillons bien réguliers et parallèles, il y aura des bandes indéfinies de vents ascendants, juxtaposés à des bandes indéfinies de vents descendants, bandes qui se déplacent avec les vagues.

Pour utiliser ce mélange de vents ascendants et descendants, le plongeon prend pour méthode de ne passer qu'aux endroits où le vent est ascendant. Il suit donc la bande étroite de vent ascendant en volant parallèlement à la vague et ce sont les irrégularités, les discontinuités de cette bande qui le forcent à son vol acrobatique. Tous ces coups de barre à droite et à gauche ont pour but d'avoir le plus souvent possible, sous l'aile, du vent ascendant; ils seraient inutiles si les vagues étaient parfaitement régulières et si leur ligne de crête était une ligne droite.

II. Vol perpendiculaire aux sillons des vagues. — Le goëland moins souvent voilier que le plongeon est un habitué du vol ramé; mais il vole plus volontiers lorsqu'il y a du vent et la fréquence de ses battements diminue lorsque le vent augmente. Lorsque le vent atteint 15^{m} à la seconde et si la mer est alors très courte et très creuse (75^{cm} de creux au minimum), il arrive à ne plus battre de l'aile : orienté vent debout, passant généralement à moins de 1^{m} des crêtes de vague avance indéfiniment contre le vent.

Ce vol déjà décrit par M. Bazin dans la *Revue générale des Sciences* s'explique, pensons-nous, par le vent à trajectoire sinusoïdale.

Considérons le goëland placé dans ce vent sinusoïdal et faisant face à la direction de ce vent. Il est en position de planement et ne bat pas des ailes.

Considérons d'autre part le même oiseau battant des ailes dans l'air calme. On peut admettre que ses ailes décrivent alors une trajectoire sinusoïdale.

Dans le premier cas, c'est l'air qui se déplace par rapport à l'aile de l'oiseau; dans le second cas, c'est l'aile de l'oiseau qui se déplace par rapport à l'air fixe : il y a là une question de mouvement relatif, mais les vitesses de l'air par rapport à l'aile sont partout les mêmes et par conséquent les effets produits sur l'aile sont identiques.

Nous pouvons conclure de ce qui précède que, si l'oiseau placé dans le courant d'air sinusoïdal laisse faire à ses ailes les mêmes changements d'incidence par rapport à l'horizontale qu'elles sont habituées à faire par le vol ramé, il sera sustenté exactement comme dans le vol ramé.

COSMOGONIE. — *La densité moyenne de l'Univers peut-elle être finie?* Note de M. **W.-D. Mac Millan**, présentée par M. Émile Borel.

Dans un article intitulé *Quelques postulats de cosmologie*, paru en février 1922 dans *Scientia*, j'ai défini une classe de nombres

$$\text{(classe A)} \qquad \sum_{i=-j}^{i=+k} A_i 10^i \qquad (j, k = 0, 1, \ldots, \infty),$$

où A_i est -1, 0 ou $+1$ et j'ai construit un univers de points tels que les coordonnées de chaque point sont les nombres de la classe A.

Dans les *Comptes rendus* du 10 avril 1922, M. Émile Borel, sous le titre : *Définition arithmétique d'une distribution de masses s'étendant à l'infini et quasi périodique avec une densité moyenne nulle*, a défini une classe de nombres

$$\text{(classe } \alpha\text{)} \qquad \pm\sum_{i=0}^{k} \alpha_i 10_i \qquad (k = 0, 1, \ldots, \infty),$$

où α_i est 0 ou $+1$ et a construit un univers de points tels que les coordonnées de chaque point sont des nombres de la classe α.

Il résulte de ces définitions que la classe α est une sous-classe de la classe A, de sorte que l'univers défini par M. Borel est une partie de celui que j'ai défini. Les nombres de la classe A sont formés de chiffres 0, 1, 8 et 9 et

contiennent des unités entières et décimales de tous les ordres, tandis que les nombres de la classe α sont les entiers positifs et négatifs qui peuvent être écrits avec les chiffres 0 et 1.

Il est intéressant de noter que les points définis par les nombres de la classe A se disposent en systèmes de cubes. Par exemple, les 27 points dont les coordonnées sont les nombres -1, 0, $+1$ représentent géométriquement un cube, qui sera dit d'ordre zéro. Les 27^2 points dont les coordonnées sont les nombres -11, -10, -9, -1, 0, $+1$, $+9$, $+10$, $+11$ constituent un cube du premier ordre formé par 27 cubes d'ordre zéro, exactement comme le cube d'ordre zéro est formé de 27 points. De la même manière, en utilisant les décimales du premier ordre, nous pouvons considérer chacun de nos points comme un cube formé de 27 sous-points et dire que ces cubes sont d'ordre -1; ces cubes d'ordre -1 sont eux-mêmes formés de cubes d'ordre -2 et ainsi de suite indéfiniment.

Le point essentiel dans la construction de mon univers est de mettre en évidence le principe de la relativité de la dimension et d'éviter, autant que possible, un univers admettant des régions « essentiellement particulières ». Si nous disons que tout cube d'ordre a_0 a une masse égale à l'unité, la limite de la densité d'un cube ayant son centre à l'origine est zéro, lorsque le côté du cube croît indéfiniment. Cela me paraît une propriété qui soulève des objections, car toute région, à moins que la densité n'y soit partout nulle, admet une ou plusieurs sous-régions « essentiellement particulières ».

Je préfère de beaucoup l'hypothèse d'un univers « grossièrement uniforme » en dépit de l'objection de Seeliger, qu'un univers infini et uniforme est incompatible avec la validité rigoureuse de la loi de gravitation de Newton. L'objection de Seeliger repose sur trois postulats, à savoir :

1. L'univers est infini et uniforme (à densité non nulle).

2. La loi de gravitation de Newton est rigoureusement exacte.

3. Dans une situation symétrique il est légitime de passer à la limite d'une manière non symétrique.

Le postulat 3 n'est pas formulé explicitement, mais est effectivement utilisé. Si nous le remplaçons par :

3'. Dans une situation symétrique il n'est légitime de passer à la limite que d'une manière symétrique.

L'objection de Seeliger contre la validité simultanée des postulats 1 et 2 disparaîtra.

Remarques sur la Communication précédente,
par M. **Émile Borel**.

Je dois tout d'abord remercier M. Mac Millan d'avoir attiré mon attention sur sa publication antérieure à la mienne, publication que j'aurais dû citer si je l'avais connue. Mon but avait été de chercher à échapper logiquement à la conclusion que l'univers est fini, conclusion à laquelle conduit l'hypothèse d'une densité « grossièrement uniforme » lorsque la loi de Newton est corrigée par les termes complémentaires nécessités par la loi de la relativité. Si l'on reste au point de vue de la mécanique classique du XIXe siècle, l'objection de Seeliger ne me paraît pas être détruite par les considérations de symétrie invoquées par M. Mac Millan; la compensation entre des actions contraires qui seraient infinies peut-elle en effet se faire rigoureusement par symétrie? Cela me paraît vraiment difficile à admettre.

MAGNÉTISME. — *Évaluation de l'intensité de courants électriques verticaux traversant le sol en France.* Note de M. **Ch. Maurain** et Mme **de Madinhac**, présentée par M. J. Violle.

On sait que si l'on effectue, pour un contour fermé tracé à la surface de la Terre, l'intégrale

$$\int \mathrm{H}\cos\theta\, d\mathrm{S}$$

dans laquelle H représente la composante horizontale du champ magnétique terrestre, θ l'angle de cette composante avec le contour et dS l'élément du contour, on doit obtenir une valeur nulle si le champ magnétique dépend d'un potentiel, et que, si la valeur obtenue n'est pas nulle, cette valeur peut être considérée comme correspondant à l'existence d'un courant électrique traversant verticalement la surface; l'intensité totale de ce courant I est reliée à l'intégrale par l'expression

$$\int \mathrm{H}\cos\theta\, d\mathrm{S} = 4\pi\mathrm{I}.$$

Nous avons calculé de manière approchée une somme de ce genre pour un contour fermé comprenant la plus grande partie de la France. C'est un contour polygonal reliant par des portions de parallèles ou de méridiens

des centres de rectangles ayant pour côtés des arcs de parallèle et de méridien d'un degré. Dans son grand travail sur la distribution du champ magnétique en France, Moureaux a rapporté la distribution normale dans les rectangles ainsi formés, de degré en degré, au centre de chaque rectangle; les valeurs qu'il donne comme correspondant à ces points se trouvent ainsi déduites d'un certain nombre de mesures, et l'on peut penser que l'influence des erreurs de mesure ou des anomalies locales est ainsi notablement atténuée. Les centres choisis sont ceux des rectangles les plus voisins des limites de la France. Pour chaque élément du contour, constitué par un arc de parallèle ou de méridien d'un degré, on a pris comme expression de $H \cos\theta$ la demi-somme des valeurs correspondant à chaque extrémité de l'élément.

La surface embrassée par le contour est 415100^{km^2}. Le contour étant parcouru dans le sens des aiguilles d'une montre, la somme des termes positifs est, en C. G. S., 9210900, et la somme des termes négatifs 9213160. La différence 2260 est ainsi d'environ $\frac{1}{4000}$, qui est de l'ordre de précision des meilleures mesures du champ magnétique terrestre.

Le courant vertical correspondant traversant la surface serait dirigé vers le haut, et aurait une intensité totale de 1800 ampères, soit 0,0043 ampère par kilomètre carré.

L. A. Bauer, dans un travail d'ensemble relatif à toute la surface de la Terre, a trouvé pour des bandes comprises entre parallèles des courants généralement vers le haut pour les régions de haute latitude nord ou sud, et vers le bas pour les régions de faible latitude (moyennes $-$ 0,010 amp. de 45° N à 45° S, $+$ 0,026 du pôle nord à 45° N). La France est à peu près à la latitude pour laquelle les courants ainsi évalués changent de sens, et la faible valeur indiquée ci-dessus s'accorde ainsi avec les résultats généraux de L. A. Bauer.

OPTIQUE. — *Sur le télescope aplanétique.* Note de M. R. Boulouch, présentée par M. Brillouin.

Dans une remarquable étude, publiée par la *Revue d'Optique* (n°s 1 et 2), M. Chrétien a indiqué une solution personnelle, et développé une solution de Schwarzschild, qui permettent d'obtenir, au foyer d'un système de deux miroirs, une image dépourvue de coma.

Tout en faisant des réserves sur la qualification d'*aplanétique*, donnée par

l'auteur, suivant Abbe, à ce dispositif, on peut se demander s'il ne permettrait pas de supprimer, à la fois, le coma et l'astigmatisme.

Or, la réponse à cette question est singulièrement facilitée par l'emploi des fonctions iconales que j'ai introduites en Optique géométrique.

La fonction d'astigmatisme d'un dioptre, dont la méridienne est une conique d'excentricité $\varepsilon = \frac{c}{a}$, a pour expression

$$Q = -\frac{k}{(n_1 - n)^2}\left[(\gamma_0 - 1)^2(n\gamma - n_1)(n_1\gamma - n) - \varepsilon^2 \frac{(n_1\gamma_0 - n)^2(n_1\gamma - n)^2}{nn_1}\right];$$

γ_0 et γ sont respectivement les rapports de convergence au centre du diaphragme, et au point où se forme l'image.

Si l'on met l'astigmatisme sous les formes $2\alpha u^2$, $2\alpha_1 u_1^2$, dans l'espace-objet d'indice n, et dans l'espace-image d'indice n_1, si, enfin, on passe aux variables homogènes en posant $\gamma_0 = \frac{u_{01}}{u_0}$, $\gamma = \frac{u_1}{u}$,

$$2n\alpha u^2 u_0^2 - 2n_1\alpha_1 u_1^2 u_{01}^2$$
$$= +\frac{k}{(n_1 - n)^2}\left[(u_{01} - u_0)^3(n_1 u - nu_1)(n_1 u_1 - nu) + \varepsilon^2 \frac{(n_1 u_{01} - nu_0)^2(n_1 u_1 - nu)^2}{nn_1}\right];$$

pour un miroir il suffit de poser $n = 1$, $n_1 = -1$, $k = f$, et

$$2\alpha u^2 u_0^2 + 2\alpha_1 u_1^2 u_{01}^2 = +\frac{f}{4}[(u_{01} + u_0)^2(u_1 + u)^2(1 - \varepsilon^2) - 4u_0 u_{01}(u_1 + u)^2].$$

Pour le second miroir il faudra prendre le premier indice égal à -1 :

$$-2\alpha_1 u_1^2 u_{01}^2 - 2\alpha' u'^2 u_0'^2 = +\frac{f'}{4}[(u_0' + u_{01})^2(u' + u_1)^2(1 - \varepsilon'^2) - 4u_0' u_{01}(u_1 + u')^2].$$

L'addition fait disparaître l'astigmatisme intermédiaire, et l'on obtient, au second membre, une expression qui, égalée à 0, détermine, pour une position du diaphrame, la place des deux surfaces sans astigmatisme (surface de Petzval).

L'élimination de u_{01} et de u_1 sera obtenue à l'aide des formules

$$\frac{u_1}{F} = \frac{u'}{f} + \frac{u}{f'} \qquad \text{et} \qquad \frac{u_{01}}{F} = \frac{u_0'}{f} + \frac{u_0}{f'},$$

F étant la longueur focale du système résultant.

Pour exprimer qu'une surface de Petzval se trouve au foyer-image, il suffit de faire $u = 0$ et par suite $u_1 = u'\frac{F}{f}$, dans l'expression donnée par

l'addition; u' disparaît et l'équation fournirait les deux positions du diaphragme qui localiseraient une surface de Petzval au foyer-image.

Pour que la surface de Petzval passe par ce foyer, quelle que soit la position du diaphragme, c'est-à-dire en l'absence de tout diaphragme, il faut et il suffit que les trois coefficients de l'équation du second degré soient nuls; on obtient ainsi trois conditions, contenant d'ailleurs celle qui serait fournie par la relation des sinus.

Si l'on pose

$$x=(1-\varepsilon^2)\frac{F^2}{f}, \qquad y=f'\left[(1-\varepsilon'^2)\left(\frac{F}{f}+1\right)^2-4\frac{F}{f}\right],$$

on pourra écrire les trois équations de condition

$$x\frac{F^2}{f^2}+y\left(\frac{F}{f}+1\right)^2=0, \qquad x\left(\frac{F}{f'}+1\right)^2+y\frac{F^2}{f'^2}=0,$$
$$\frac{x}{f}\left(\frac{F}{f'}+1\right)+\frac{y}{f'}\left(\frac{F}{f}+1\right)-2=0.$$

Il est visible que les deux premières ne sont compatibles que si l'on a

$$\left(\frac{F}{f}+1\right)^2\left(\frac{F}{f'}+1\right)^2-\frac{F^4}{f^2f'^2}=0,$$

ce qui conduit à l'une ou l'autre des deux conditions :

$$(1) \qquad 2\frac{F^2}{ff'}+\frac{F}{f}+\frac{F}{f'}+1=0 \quad \text{et} \quad \frac{F}{f}+\frac{F}{f'}+1=0,$$

la deuxième ne peut convenir; avec la condition (1) x et y sont déterminés, et les excentricités sont données par

$$(2) \qquad 1-\varepsilon^2=\frac{1}{\frac{F^2}{f^2}\left(\frac{F}{f'}+1\right)}=\frac{2\frac{F}{f}+1}{\frac{F^3}{f^3}}=\frac{\left(2\frac{F}{f'}+1\right)^2}{\left(\frac{F}{f'}+1\right)^3},$$

$$(3) \qquad 1-\varepsilon'^2=\frac{1}{\frac{F^2}{f'^2}\left(\frac{F}{f}+1\right)}=\frac{2\frac{F}{f'}+1}{\frac{F^3}{f'^3}}=\frac{\left(2\frac{F}{f}+1\right)^2}{\left(\frac{F}{f}+1\right)^3}.$$

On peut transformer la relation (1) en introduisant l'intervalle e des deux miroirs, à l'aide de la formule

$$(4) \qquad \frac{1}{F}=\frac{1}{f}+\frac{1}{f'}-\frac{e}{ff'};$$

on obtient

$$(1') \qquad e^2 - 3e(f+f') + 2(f^2 + 3ff' + f'^2) = 0.$$

Entre les cinq paramètres ε, ε', $\frac{e}{F}$, $\frac{f}{F}$, $\frac{f'}{F}$, on a seulement quatre relations; le problème peut donc comporter une infinité de solutions.

Il n'en faudrait pas conclure qu'il sera très facile de satisfaire aux conditions algébriques et physiques du problème; la recherche d'une solution pratique exige, au contraire, une minutieuse discussion, qui ne saurait trouver sa place ici.

ÉLECTRICITÉ. — *Application des pyromètres aux mesures en haute fréquence.* Note de M. R. **Jouaust**, présentée par M. G. Ferrié.

A maintes reprises, les procédés calorimétriques ont été employés pour les mesures en haute fréquence, mais ces procédés sont longs et d'un emploi délicat qui ne permet pas de les utiliser dans la pratique courante de la Télégraphie sans fil.

Les pyromètres, appareils transportables et précisément étudiés en vue d'applications industrielles, permettent au contraire d'exécuter rapidement, avec une précision suffisante, un certain nombre des mesures nécessaires aux installations radiotélégraphiques. Nous en donnerons comme exemple deux applications que nous avons réalisées.

1° *Étalonnement des ampèremètres en haute fréquence.* — L'ampèremètre à étalonner est placé dans un circuit parcouru par du courant de haute fréquence en série avec une lampe dont le filament est tel que la répartition du courant soit indépendante de la fréquence. Pratiquement on utilisait une lampe de projecteur dont le filament de faible résistance ohmique pouvait supporter une douzaine d'ampères.

Un télescope de Féry était braqué sur la lampe. On notait la déviation d'un microampèremètre relié au pyromètre et en même temps les indications de l'ampèremètre soumis à l'étalonnement. Immédiatement, par le jeu d'un basculeur, on substituait au courant de haute fréquence circulant dans la lampe un courant continu dont on réglait l'intensité de façon à ramener à la même déviation le microampèremètre du pyromètre.

La valeur du courant continu produisant ce résultat était égale à la valeur efficace du courant de haute fréquence dans la première partie de l'expérience.

Ce procédé, qui semble comporter une précision de l'ordre de 2 pour 100, est susceptible, moyennant quelques modifications dans le mode opératoire, de se prêter à la mesure d'intensités très élevées.

2° *Mesure dans les conditions de fonctionnement de la résistance du circuit oscillant d'un poste générateur à lampes.* — Le télescope est braqué sur la plaque de la lampe alimentant le poste. On note : l'intensité I de l'ampèremètre, préalablement étalonné, du circuit oscillant, la différence de potentiel filament-plaque E et l'intensité i du courant continu débité par la source haute tension alimentant la plaque. Soit x la résistance cherchée. La puissance dégradée à l'état de chaleur sur la plaque est

$$W = Ei - xI^2.$$

Supprimant le circuit oscillant et maintenant la même tension entre le filament et la plaque, on applique une différence de potentiel entre la grille et le filament et on la règle de façon à obtenir la même indication au télescope. Soit i_1 l'intensité débitée dans ce cas par la source haute tension, la puissance Ei_1 est tout entière dégradée sur la plaque. Donc

$$W = Ei_1.$$

L'élimination de W entre ces deux équations permet de calculer x.

Les expériences entreprises pour vérifier la précision de cette méthode nous ont montré qu'elle comportait une exactitude très suffisante pour les besoins de la pratique.

ACOUSTIQUE. — *Un nouvel amplificateur des sons.*

Note de M. L. **Gaumont**, présentée par M. G. Ferrié.

Parmi les divers problèmes que comporte la mise au point de « projections parlantes », se trouve celui de l'amplification des sons, provenant d'un phonographe ou de tout autre appareil phonétique, avec une intensité suffisante pour qu'ils soient aisément entendus de tous les points d'une très grande salle.

Successivement ont été essayées des méthodes utilisant les propriétés des flammes, de l'air comprimé, des courants électriques. Les sons sont en général déformés parce que la masse des parties vibrantes, qui servent à reproduire et à transmettre le son, est trop considérable.

Un de nos collaborateurs, M. Gueritot, ayant imaginé récemment un dispositif électrique nouveau, nous avons pu créer, avec son concours et avec celui de M. Aschel, un appareil pratique qui résout le problème d'une manière complète, c'est-à-dire qui permet d'amplifier la voix jusqu'à des limites insoupçonnées jusqu'à maintenant, et cela sans déformation importante des sons.

Dans ce dispositif, la partie vibrante est constituée par un cône de soie fine, d'un angle de 90° environ, sur lequel est enroulé en spirale de la base au sommet, en une ou plusieurs couches jointives, un fil conducteur très fin, de préférence de faible densité, en aluminium par exemple. Ce cône est placé dans l'entrefer d'un aimant ou électro-aimant, les pôles épousant exactement la forme du cône. Un collier circulaire fixe la base du cône sur l'un des pôles.

Des courants téléphoniques étant envoyés dans l'enroulement conique, celui-ci se met en vibrations sous l'influence du champ magnétique et, ne possédant pas pratiquement de période propre, n'apporte aucune perturbation à la reproduction des sons qui ont engendré ces courants téléphoniques. Pour que les vibrations communiquées par le cône à l'air contenu dans l'entrefer puissent se transmettre à l'extérieur, le pourtour de l'entrefer a été obturé et des orifices ont été ménagés dans l'un des pôles pour mettre en communication l'air de l'entrefer avec l'extérieur. Ces orifices aboutissent à la naissance d'un pavillon du genre des porte-voix.

Au moyen d'un dispositif de ce genre, comportant un cône de 55^{mm} de diamètre pesant 1^{g} environ, il est possible de faire percevoir aisément une phrase quelconque à toute une salle très vaste, sans qu'aucune syllabe soit perdue pour l'un quelconque des auditeurs. Au moyen de tels appareils associés à des amplificateurs à triodes convenablement établis, il sera également possible de transmettre des ordres soit dans une salle des machines en dominant tous les bruits, soit en plein air pour des manœuvres de navires à l'entrée et à la sortie des ports, soit pour donner des avis dans les gares. Dans les réunions publiques, les discours pourront être entendus par tous malgré l'obstruction bruyante des conversations et des cris.

Nous avons réalisé également un modèle plus réduit pour servir de haut parleur dans les conversations téléphoniques courantes et pour faire entendre les émissions de radiotéléphonie à plusieurs personnes à la fois, dans une pièce d'appartement.

Un autre modèle encore est à l'étude pour être utilisé dans la vie courante par les sourds.

Voici par exemple les caractéristiques d'un appareil pouvant être entendu à 50^m environ, sans faire usage d'amplificateurs à triodes :

Excitation de l'électro-aimant : Résistance totale 500 ohms, alimentation à 110 volts.

Membrane : Résistance 380 ohms environ. Poids : 8^{dg}.

Microphone transmetteur : composé de deux microphones du commerce, absorbant chacun $0^{amp},25$ sous 6 volts.

Le même appareil avec une membrane de 650 ohms, alimenté par un amplificateur à triode à un étage, absorbant 300 watts, permet une bonne audition à 300^m (¹).

RADIOACTIVITÉ. — *Sur quelques conséquences microbiologiques des propriétés oxydantes du thorium X.* Note de MM. **P. Lemay** et **L. Jaloustre**, présentée par M. L. Mangin.

Dans nos Notes antérieures (²), nous avons pu mettre en évidence quelques manifestations oxydantes de la radioactivité, qui permettent de classer les éléments radioactifs parmi les catalyseurs d'oxydation.

Nous nous sommes demandés, si, en vertu même de ces propriétés, le thorium X contrarierait le développement des microbes anaérobies et stimulerait au contraire celui des aérobies. Nous avons choisi comme exemple des premiers le *Bacillus butyricus* et comme exemple des seconds le *Bacillus lacticus*.

Action sur le Bacillus butyricus. — *a.* Le bacille a été cultivé sur lait stérilisé réparti dans six tubes à culture à raison de $15^{cm^3},3$ par tube et recouvert d'une couche d'huile de vaseline d'environ 4^{cm} de hauteur. Dans trois de ces tubes, nous avons ajouté 200 microgrammes du thorium X, les trois tubes restants servant de témoins.

Au bout de 12 heures à 37°, les tubes témoins étaient coagulés, alors que la coagulation n'a eu lieu dans les tubes radioactivés que vers la 22e heure. L'examen microscopique pratiqué à la 12e heure a montré une différence considérable, quant au nombre de bactéries par champ, le tube radioactivé donnant un étalement environ vingt fois moins riche que le tube témoin.

b. Le bacille a été cultivé sur le milieu suivant :

(¹) Des expériences ont été faites devant l'Académie au moyen du dispositif décrit dans la présente Note.

(²) P. Lemay et L. Jaloustre, *Sur les propriétés oxydantes de certains éléments radioactifs* (*Comptes rendus*, t. 173, 1921, p. 916) et *Sur quelques propriétés oxydasiques du thorium* (*Comptes rendus*, t. 174, 1922, p. 171).

Saccharose	6g
Phosphate d'ammoniaque	0,1
Carbonate de calcium	5
Eau	200

réparti dans quatre matras à fond plat, le liquide affleurant à la naissance du col et recouvert d'une couche de vaseline comme dans l'expérience précédente. Ces matras étaient munis d'un tube à dégagement aboutissant à la cuve à eau et permettant de recueillir les gaz dégagés. Deux matras ont été radioactivés avec 200 microgrammes de thorium X, les deux autres restèrent témoins.

Après 24 heures d'étuve à 37°, le volume des gaz dégagés (CO^2 et H) par les deux matras témoins a été sensiblement trois fois celui des tubes radioactivés.

Ces deux séries d'expériences établissent que l'action du thorium X gêne le développement du *Bacillus butyricus* anaérobie et cela très vraisemblablement à cause de ses propriétés oxydantes.

Action sur le Bacillus lacticus. — Le bacille lactique a été cultivé sur lait dans les conditions précisées ci-dessus pour le *Bacillus butyricus*.

La coagulation a été observée dans les tubes témoins de la 21e heure alors qu'elle s'était produite dans les tubes radioactivés de la 13e heure.

L'examen microscopique pratiqué à la 12e heure a montré contrairement au cas du *Bacillus butyricus* que le nombre de bactéries par champ était bien supérieur dans les tubes radioactivés que dans les tubes témoins.

On voit que le développement du *Bacillus lacticus* aérobie est favorisé par le thorium X qui met, de par ses vertus oxydantes, de l'oxygène à sa disposition. Ici nous croyons devoir faire remarquer que, si jusqu'ici les expériences faites au sujet de l'action des corps radioactifs sur les bactéries avec des doses faibles n'ont pas été concluantes, c'est que, opérant sur des organismes aérobies en présence d'air, la différence ne pouvait être très grande. C'est cette cause d'erreur que nous avons voulu éviter.

Conclusions. — Le rôle de catalyseurs d'oxydation que nous avons mis en évidence chimiquement pour un certain nombre d'éléments radioactifs et particulièrement sur le thorium X semble se retrouver dans les phénomènes microbiologiques.

RADIOACTIVITÉ. — *Sur la radioactivité des sources des Bains d'Hercule en Roumanie.* Note de MM. **P. Loisel** et **Michaïlesco**, présentée par M. Daniel Berthelot.

La station des Bains d'Hercule (Baïle Herculane), en Roumanie, située dans le Banat, arrondissement d'Orsova, groupe ses constructions sur les

pentes couvertes de forêts qui descendent vers la Cerna des crêtes du massif de Desiminul à l'Ouest, et du massif des monts de la Cerna à l'Est.

Le massif des monts de la Cerna et celui de Desiminul sont constitués, en général, par des roches granitiques et des schistes cristallins au-dessus desquels sont conservées d'anciennes roches sédimentaires paléozoïques-mésozoïques et d'autres très récentes appartenant au Quaternaire. L'étude détaillée de la région a été faite par le professeur Voitesti, au travail duquel on voudra bien se reporter ([1]).

C'est par des fractures du massif granitique que jaillissent les sources utilisées par les malades. Ces sources, au nombre de huit, sont toutes des sources thermales. Les principales sont : Regina Maria, 60°; Elisabeta, 54°,2; Ileana, 45°,9; Hercules, 46°; Tàmăduirei (Hygea), 48°. Leur débit est assez élevé de 7470^{l} (Regina Maria), à 159260^{l} à l'heure (Hercules). Leur teneur en substances minérales est représentée principalement par des chlorures de sodium (3^{g}), et de calcium ($1^{g},50$), accompagnés de lithium, de potassium, de strontium, de magnésium et, parmi les métalloïdes, de brome et d'iode. Les gaz des griffons sont riches en azote (40 pour 100). Ils contiennent aussi du méthane (ce qui indique le voisinage de gîtes pétrolifères), du gaz carbonique et de l'hydrogène sulfuré. L'analyse chimique et les caractères physiques permettent donc de classer ces sources parmi les eaux thermales chlorurées sodiques à manifestations fumerolliennes alcalines.

Leur radioactivité, qui fait l'objet de la présente Note, a déjà été étudiée en 1913 par le Dr Weszelszky ([2]), qui a cru pouvoir conclure que ces sources possédaient une radioactivité notable d'autant plus élevée que la source jaillissait plus au Sud.

Nous avons repris cette étude au cours de l'été 1921 en employant la technique utilisée par l'un de nous au cours de ses recherches à Bagnoles-de-l'Orne. Nous avons étudié les gaz dissous dans l'eau de sept des sources et dosé l'émanation du radium qu'ils contenaient.

Les résultats sont consignés dans le Tableau suivant :

([1]) *Annales des Mines de Roumanie*, 1921.

([2]) *Földtani Közlöny*, t. 44, 1914.

Nom de la source.	Date du prélèvement.	Quantité d'émanation en millicrocuries par litre.
Source Hercules..........	23 septembre 1921	traces
»	27 »	0,39
Source Hygea............	21 septembre 1921	0,25
»	24 »	0,64
»	26 »	1,27
Source Regina Maria......	28 septembre 1921	0,34
»	29 »	0,09
Source Ileana............	24 septembre 1921	1,01
»	25 »	0,27
»	27 »	0,49
Source Joseph...........	22 septembre 1921	néant
»	3 octobre 1921	traces
Source Elisabeta	28 septembre 1921	traces
»	29 »	néant
»	30 »	néant
»	2 octobre 1921	traces
Source pour les yeux.....	3 octobre 1921	néant

Comme on le voit, les sources des bains d'Hercule présentent une teneur en émanation très variable, variable suivant les sources et surtout variable suivant les jours.

Quatre sources présentent une radioactivité notable. Ce sont :

Hygea	avec une teneur moyenne de	0,73	millicrocuries par litre
Ileana	»	0,59	»
Regina Maria	»	0,22	»
Hercules	»	0,19	»

radioactivité du même ordre que celle de la source César au Mont Dore ou de la source Chomel à Vichy. Il n'apparaît pas cependant, d'après cette série de mesures, que la relation annoncée par Weszelszky entre la radioactivité des sources et leur distribution géographique se trouvât vérifiée.

Le fait intéressant, à notre avis, réside dans la variation de la radioactivité suivant les jours, phénomène déjà observé par l'un de nous à Bagnoles et au Mont Dore. Cette observation appelle de nouvelles recherches qui seront entreprises par Michaïlesco au cours de l'été 1923.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Tension de vapeur de quelques alliages* Cu-Zn *à l'état solide.* Note de MM. **Léon Guillet** et **Marcel Ballay**, présentée par M. Le Chatelier.

La volatilisation du zinc lors du chauffage des laitons à l'état solide est un fait connu que l'on observe facilement en examinant au microscope, après attaque, des sections transversales de barres de laitons industriels à moins de 63 pour 100 de cuivre. A notre connaissance, l'influence de la nature du milieu sur la vitesse de volatilisation n'a pas été signalée. Le départ de zinc est extrêmement influencé par la nature du milieu et est bien moindre en milieu oxydant qu'en milieu neutre ou réducteur.

Les chiffres ci-dessous se rapportent à des échantillons d'un même laiton :

$$Cu = 55,20, \quad Zn = 44,75, \quad Fe = 0,02,$$

recuits à 800°, 650° ou 600° pendant 6 heures dans différents gaz. Les vitesses de circulation des gaz étaient identiques, de même que les dimensions des échantillons (parallélépipèdes de 10 × 10 × 30^{mm}) :

Nature du gaz.	Température de l'échantillon.	Perte de poids pour 100.	
Air............	800°	1,19	formation d'une pellicule.
Air	650	0,15	
Az.............	800	7,88	pas de pellicule.
CO	808	10,58	
H..............	800	10,57	
H..............	600	1,09	

En milieu oxydant, dans l'air, la volatilisation du zinc est mécaniquement retardée par la présence d'une pellicule d'oxyde de zinc. Dans l'azote, l'oxyde de carbone ou l'hydrogène, aucune pellicule ne prend naissance.

Il a paru intéressant de déterminer la tension de vapeur, à l'état solide, de quelques laitons. On a utilisé la méthode suivante :

Un tube de silice contient, à une extrémité, le laiton à étudier en copeaux très fins, porté à la température T (en atmosphère d'hydrogène). L'autre extrémité du tube est portée à une température plus faible *t*. Le mode de chauffage est tel qu'aucun point du tube ne soit à une température inférieure à *t*. La tension de vapeur de Zn régnant dans le tube est la tension de vapeur du zinc pur à la température *t*. Si *t* est convenablement choisie par rapport à T, une portion du zinc du laiton distille et se

condense sur la paroi à température t. Le laiton s'appauvrit en zinc jusqu'à ce que sa tension de vapeur soit égale à celle du zinc pur à la température t. On détermine après l'opération le titre du laiton final. Les tensions de vapeur du zinc pur ont été calculées d'après la formule de Braune

$$\log p = -\frac{6655}{T} - 1,147 \log T + 12,046.$$

p étant la tension de vapeur en millimètres de Hg à la température absolue T.

Les résultats sont rassemblés dans le Tableau ci-dessous :

Température T.	Température t.	Tension de vapeur du zinc pur à la température t.	Titre du laiton final.
800°	540°	3,33	62,00
800	560	5,09	59,60
800	575	6,90	59,12
800	600	11,20	58,10
800	630	19,32	{ 57,29 { 56,51
700	535	3,00	56,76

Les valeurs des tensions de vapeur ne sont pas susceptibles d'une représentation linéaire en fonction du pourcentage atomique de cuivre dissous. Il n'est pas surprenant que la loi de Raoult ne s'applique pas ici, puisque les alliages expérimentés ne peuvent être assimilés à des solutions étendues de cuivre dans le zinc.

En conclusion, nos essais mettent en vue pour les laitons : 1° l'intérêt du recuit en milieu oxydant; 2° l'influence considérable de la température sur la vitesse de volatilisation du zinc.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Le fluorure d'argent ammoniacal.*

Note de MM. **Dervin** et **Olmer**, présentée par M. H. Le Chatelier.

La première indication d'un fluorure d'argent ammoniacal est celle de Gore [1] qui a constaté que le fluorure d'argent absorbe 844 fois son volume d'ammoniac gazeux, ce qui, avec la densité 5,852 de AgF, correspond à la formule $AgF, 0,92 AzH^3$. Bruni et Levi [2], en dissolvant

---

[1] *Chem. News*, t. 21, 1870, p. 28.

[2] *Gazz. chim. italiana*, vol. 46.

AgF, $2H^2O$ dans l'alcool absolu ammoniacal ont obtenu par précipitation à l'éther une substance blanche, cristalline, très soluble dans l'eau, déliquescente, et devenant violette à la lumière; les analyses pas très concordantes, correspondent à peu près à AgF, $2AzH^3$, $2,5H^2O$.

Au cours de recherches sur l'argent fulminant, nous avons eu besoin de ce corps et nous avons repris son étude avec soin.

Nous sommes partis de fluorure d'argent anhydre préparé par la méthode de Moissan ([1]) et dissous par petites portions dans une solution concentrée d'ammoniac, soigneusement refroidie. La dissolution est évaporée dans le vide, puis, dès que les cristaux apparaissent, dans une cloche à acide sulfurique à la pression ordinaire. Il faut éviter le dessiccateur à chaux vive : les cristaux grimpent dans le cristallisoir, le liquide mouille les cristaux, déborde sur la chaux et produit de l'argent fulminant; nous avons eu ainsi une grave explosion.

Le corps obtenu se présente en cristaux blancs, transparents, de 2^{cm} à 3^{cm} de long. Ce sont des prismes orthorhombiques allongés suivant ph^1, avec l'angle des deux faces 110 et $1\bar{1}0$ voisin de 118°, ce qui leur donne l'aspect de prismes hexagonaux. Ils sont négatifs, le plan des axes est dans g^1, avec la bissectrice de l'angle aigu des axes normale à h^1. La dispersion est notable ($r > v$).

La lumière les attaque lentement; nous avons pu les conserver plusieurs mois inaltérés en enveloppant le tube de papier noir.

Les cristaux sont très hygroscopiques; solubilité dans l'eau à 15°-16° : 100^g d'eau dissolvent 830^g du corps; la solution saturée se sursature très facilement. La solubilité augmente quand on dissout de l'AzH^3 dans l'eau, alors que le carbonate d'argent ammoniacal, que nous avons préparé ([2]), est moins soluble quand on sature la dissolution d'ammoniac.

Les cristaux sont solubles dans l'alcool absolu, et la solubilité augmente rapidement avec la teneur en eau de l'alcool; aussi la dissolution dans l'eau, même saturée, ne précipite-t-elle ni par l'alcool, ni par l'alcool-éther à volumes égaux.

Les cristaux restent inaltérés dans un courant d'ammoniac sec, et dans un courant d'air sec pendant quelques heures. On peut les garder plusieurs jours dans un dessiccateur à acide sulfurique à la pression atmosphérique sans qu'ils perdent de poids appréciable. Dans le vide sec sulfurique, ils

---

([1]) *Bull. Soc. chim.*, 3e série, t. 5, 1891, p. 456.

([2]) *Comptes rendus*, t. **172**, 1921, p. 1662.

perdent de l'eau, puis de l'ammoniac, mais très lentement, et ils ne perdent d'ammoniac qu'après avoir perdu toute leur eau.

Bien secs, ils n'attaquent pas le verre; légèrement humides, l'attaque n'est apparente qu'après plusieurs mois.

Analyse. — Dans une première série, nous avons déterminé le rapport du poids de fluor à l'argent, ce qui nous dispensait d'avoir un produit rigoureusement sec. L'argent est dosé par précipitation par le zinc, le fluor à l'état de fluorure de calcium avec les précautions habituelles.

	Trouvé.		Calculé pour Ag F.
Fluor	17,69	17,46	17,59

Dans une deuxième série, le corps est pulvérisé, séché à la presse sur du buvard, pesé rapidement, dissous dans l'eau. On prend des volumes connus de la dissolution pour doser soit l'argent par le zinc, soit l'ammoniac volumétriquement.

	Trouvé.				Moyenne.	Calculé pour Ag F, 2 Az H³, 2 H²O.
AgF	63,91	64,38	63,83	64,66	64,19	64,46
AzH³	17,89	17,08	17,84	»	17,60	17,27

Dans une troisième série, le corps est séché dans le dessiccateur à chaux vive à la pression ordinaire. L'argent est dosé à l'état de chlorure d'argent, l'AzH^3 par l'acide chlorhydrique titré, le fluor à l'état de CaF^2.

	Trouvé.		Moyenne.	Calculé pour Ag F, 2 Az H³, 2 H²O.
Ag	54,24	54,29	54,26	54,82
F	9,60	9,64	9,62	9,64
AzH³	17,40	17,48	17,44	17,27
H²O	»	par différence	18,68	18,27

Nous n'avons pu doser l'eau directement, ainsi que l'indiquent les lignes suivantes.

Action de la chaleur. — Si l'on chauffe le florure d'argent ammoniacal, il détone avec violence. C'est à cause de cette propriété, déjà signalée par Bruni et Levi (¹) et que les autres sels d'argent ammoniacal ne possèdent pas (²), que nous avons étudié ce corps.

Placé sur une paroi à 165°, le corps se boursouffle, et détone en quelques secondes. A une température inférieure à 160°, il perd de l'ammoniac, du

(¹) *Gazz. chim. italiana*, vol. 46.

(²) A signaler que Terreil en chauffant sous pression une dissolution ammoniacale de bromure d'argent a eu une forte explosion (*Bulletin de la Société chimique*, 2ᵉ série, t. 41, p. 598).

fluorure d'ammonium et laisse un corps noir qui n'explose pas seul, mais qui détone par simple contact d'un agitateur, ou par onde explosive. Le temps nécessaire pour que le corps chauffé donne naissance au produit noir détonant par le contact dépend de la température; il faut à 160° moins d'une minute, à 140° plus de 10 minutes et à 100° il a fallu chauffer 1 heure 20 minutes.

Après plusieurs essais infructueux, nous avons réussi à faire détoner dans le vide 1^g de ce corps placé dans un récipient relié par un tube à ponce sulfurique à la trompe à mercure et nous avons recueilli $16^{cm^3},5$ d'azote exempt d'hydrogène. Il restait de l'argent en poudre fine, très blanche, et dans les parties froides du tube un dépôt blanc de fluorure d'ammonium. Si l'on admet que la décomposition ait lieu suivant la formule

$$3[AgF, 2AzH^3, 2H^2O] = Ag^3Az + 3AzH^4F + 2AzH^3 + 6H^2O$$

puis

$$Ag^3Az = 3Ag + Az,$$

le volume d'azote recueilli devrait être $18^{cm^3},95$ au lieu de $16^{cm^3},5$. Nous comptons reprendre ces expériences qui montreraient l'existence de Ag^3Az, signalé déjà par Raschig (¹) par une toute autre méthode.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur la solidification du système* $MgCl^2 - KCl - BaCl^2$. Note (²) de M. J. VALENTIN, présentée par M. Le Chatelier.

Les diagrammes de fusibilité des trois systèmes binaires formés par ces sels, ont été déterminés par différents auteurs (³).

Nous nous sommes proposés l'étude du système ternaire qui est susceptible de fournir un électrolyte pour la préparation du magnésium.

Ces trois sels donnant les deux composés définis $MgCl^2$, KCl et $BaCl^2$, 2KCl, ce travail peut fournir une nouvelle illustration de la théorie des mélanges ternaires complexes.

L'analyse thermique de ces mélanges a été effectuée avec le couple thermo-électrique de M. Le Chatelier et l'appareil de M. Rengade (⁴), permettant l'enregistrement des températures en fonction du temps.

(¹) *Liebigs Ann. der Chem.*, t. 233, 1886, p. 93.

(²) Séance du 20 novembre 1922.

(³) MENGE, *Zeit. Anorg. Chem.*, t. 72, 1911. — SANDONNINI, *Gazz. chim. italiana*, 1re série, t. 44, 1914, p. 297. — GEMSKY, *N. Jahr. Min.*, t. 36, 1913, p. 251.

(⁴) RENGADE, *Bull. Soc. chim.*, 4e série, t. 7, 1909, p. 934; *Revue de Métallurgie*, t. 6, 1909, p. 934.

Sur les clichés, nous avons pris comme repères le point d'ébullition du soufre (445°), et le point de fusion du chlorure de sodium (800°).

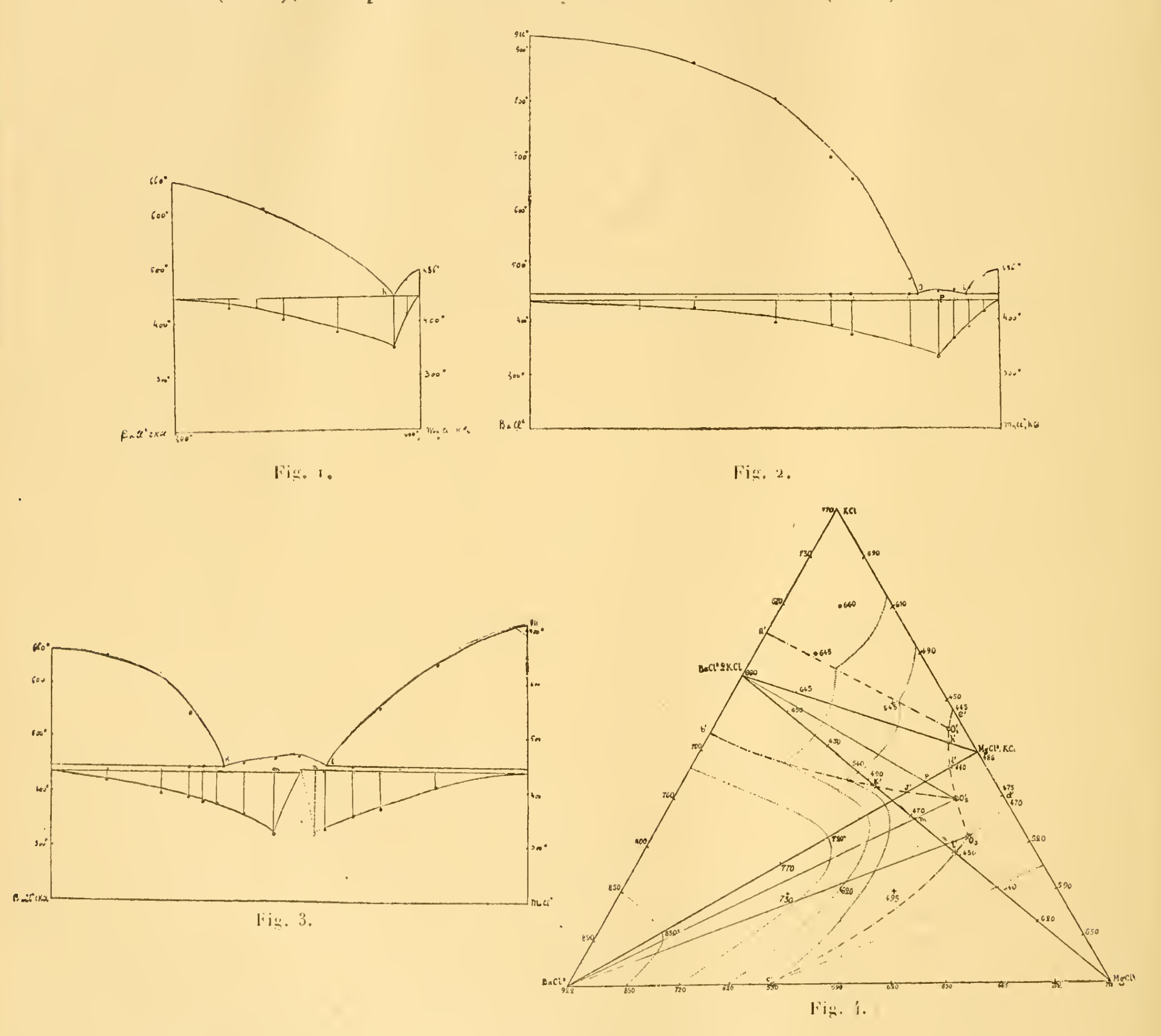


Fig. 1. Fig. 2. Fig. 3. Fig. 4.

Nous avons employé la représentation triangulaire (*fig.* 4), et déterminé les coupes de la surface de solidification par les plans verticaux joignant les sels purs deux à deux, les diagrammes ainsi obtenus permettant une détermination simple des points triples.

Plan ($BaCl^2$, $2KCl$) — ($MgCl^2$, KCl). — Le diagramme (*fig.* 1) est

semblable à celui représentant un mélange binaire simple. En *h* se dépose l'eutectique ($MgCl^2$, KCl — $BaCl^2$, 2KCl).

Le point triple O_1, en projection O'_1 se trouve à l'intersection des courbes de dépôt eutectique secondaire partant de *a*, *e*, *h* (*fig.* 4).

Plan ($BaCl^2$)($MgCl^2KCl$). — Pour tous les points de ce plan, la solidification se fait en trois temps. En *j* commence à se déposer l'eutectique binaire ($BaCl^2$ — $BaCl^2$, 2KCl). En *i*, l'eutectique binaire ($MgCl^2KCl$ — $BaCl^2$, 2KCl), la solidification se terminant au point O_2 où se déposent les trois sels à température constante. Sur le diagramme (*fig.* 2), nous avons porté la longueur des paliers ternaires, le point de palier ternaire maximum est dans le plan vertical passant par ($BaCl^2$, 2KCl) et le point O_2.

Plan ($BaCl^2 2KCl$) ($MgCl^2$). — La solidification dans ce plan s'effectue comme dans le cas précédent, en trois temps, mais elle se termine en O_2 et en O_3, en *k* se dépose l'eutectique secondaire ($BaCl^2$, 2KCl — $BaCl^2$) et en *l* l'eutectique ($MgCl^2$ — $BaCl^2$). Sur le diagramme nous avons porté les longueurs des paliers ternaires, les maxima permettent de préciser la position des points triples O_2 et O_3.

L'ensemble est résumé dans le diagramme (*fig.* 4), représentant la projection de la surface, qui se compose de cinq nappes correspondant au dépôt de chacun des sels purs, les courbes d'intersection suivant lesquelles se déposent les eutectiques binaires se coupent aux trois points triples O_1, O_2, O_3.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Analyse magnétique des acides stanniques.* Note de M. **Paul Pascal**, présentée par M. H. Le Chatelier.

Nous avons eu l'occasion récente de prouver que les « silices hydratées » de diverses origines ne contiennent pas d'acide défini et sont de simples gels de silice anhydre. La présente Note a pour but de montrer qu'il faut admettre une constitution analogue pour les « acides stanniques ».

L'analyse magnétique préalable des stannates et de l'acide méthylstannonique permet de calculer la valeur théorique des susceptibilités moléculaire ou spécifique (χ_m ou χ_s) de l'acide stannique $SnO(OH)^2$; la connaissance de la susceptibilité atomique χ_a de l'étain donne la susceptibilité moléculaire théorique de l'acide orthostannique $Sn(OH)^4$. Ainsi, des valeurs suivantes :

	χ_m ou χ_a.
$SnO(ONa)^2.3H^2O$	-986.10^{-7}
$CH^3SnO(OH)$	-540
Sn	-299

on déduit, par l'application des règles les mieux établies de la Magnétochimie :

	χ_m.	χ_s.
$SnO(OH)^2$	$-(471-467).10^{-7}$	$-(2,79-2,77).10^{-7}$
$Sn(OH)^4$	-600	$-3,21$

Les « acides stanniques » qui ont servi à nos déterminations ont été préparés par les procédés qui auraient dû fournir respectivement l'acide orthostannique, l'acide métastannique et l'acide parastannique : décomposition du chlorure stannique par l'ammoniaque ou le carbonate de calcium, attaque de l'étain par l'acide nitrique chaud ou froid, etc.; on a procédé à une purification complète par dialyse en hydrolyse, et effectué la déshydratation progressive à la température ordinaire.

L'analyse magnétique a été particulièrement suivie au voisinage des teneurs en eau qui correspondent aux acides admis encore par nombre de chimistes; voici les susceptibilités spécifiques observées χ_s, complétées par les valeurs théoriques pour les acides $SnO(OH)^2$ et $Sn(OH)^4$.

Acides stanniques.	Teneur en eau pour 100.	χ_s.	Calculé pour SnO^2+nH^2O.
Para (de Sn)	20,5	$-3,56.10^{-7}$	$-3,63.10^{-7}$
$Sn(OH)^4$ (théorie)	19,4	$-3,21$	$-3,58$
Ortho (de $SnCl^4$ et NH^3)	19,4	$-3,56$	$-3,58$
Ortho (de $SnCl^4$ et NH^3)	16,7	$-3,45$	$-3,46$
Méta (de Sn)	12,1	$-3,22$	$-3,25$
$SnO(OH)^2$ (théorie)	10,7	$-2,78$	$-3,19$
Ortho (de $SnCl^4+NH^3$)	9,6	$-3,20$	$-3,14$
SnO^2	0	$-2,71$	$-2,71$

Ainsi donc, au cours de leur dessiccation, aucun des acides stanniques précipités ne possède jamais les propriétés magnétiques auxquelles on est en droit de s'attendre. Il y a, par contre, accord parfait entre les déterminations directes et les valeurs calculées pour les susceptibilités spécifiques des mélanges de bioxyde d'étain anhydre et d'eau de même composition (voir dernière colonne).

Les acides stanniques paraissent donc être uniquement des hydrogels

d'oxyde stannique anhydre, ainsi que les expériences de van Bemmelen le faisaient déjà soupçonner; ils ont d'ailleurs, à l'état de pureté parfaite, tous les caractères des colloïdes coagulés: élasticité, transparence, cassure vitreuse, etc.

On est donc en droit de se demander s'il n'est pas nécessaire d'alléger singulièrement la chimie de l'étain, en rangeant parmi les produits d'adsorption tous les corps incristallisables, à composition variable suivant le mode de préparation, tels que: acides stanniques non substitués, parastannates, chlorures d'acides stanniques, etc.

SPECTROSCOPIE. — *Spectres d'absorption ultraviolets du toluène et des xylènes.* Note (¹) de M. **F.-W. Klingstedt**, présentée par M. G. Urbain.

Il n'existe pas d'étude quantitative de l'absorption des rayons ultraviolets par le toluène et les xylènes; de plus les études quantitatives sur le nombre et la position des bandes, faites par différents auteurs, sont très incomplètes. Nous avons mesuré l'absorption et déterminé la position et la forme des bandes par les méthodes décrites par Victor Henri (*Journal de Physique*, juin 1922).

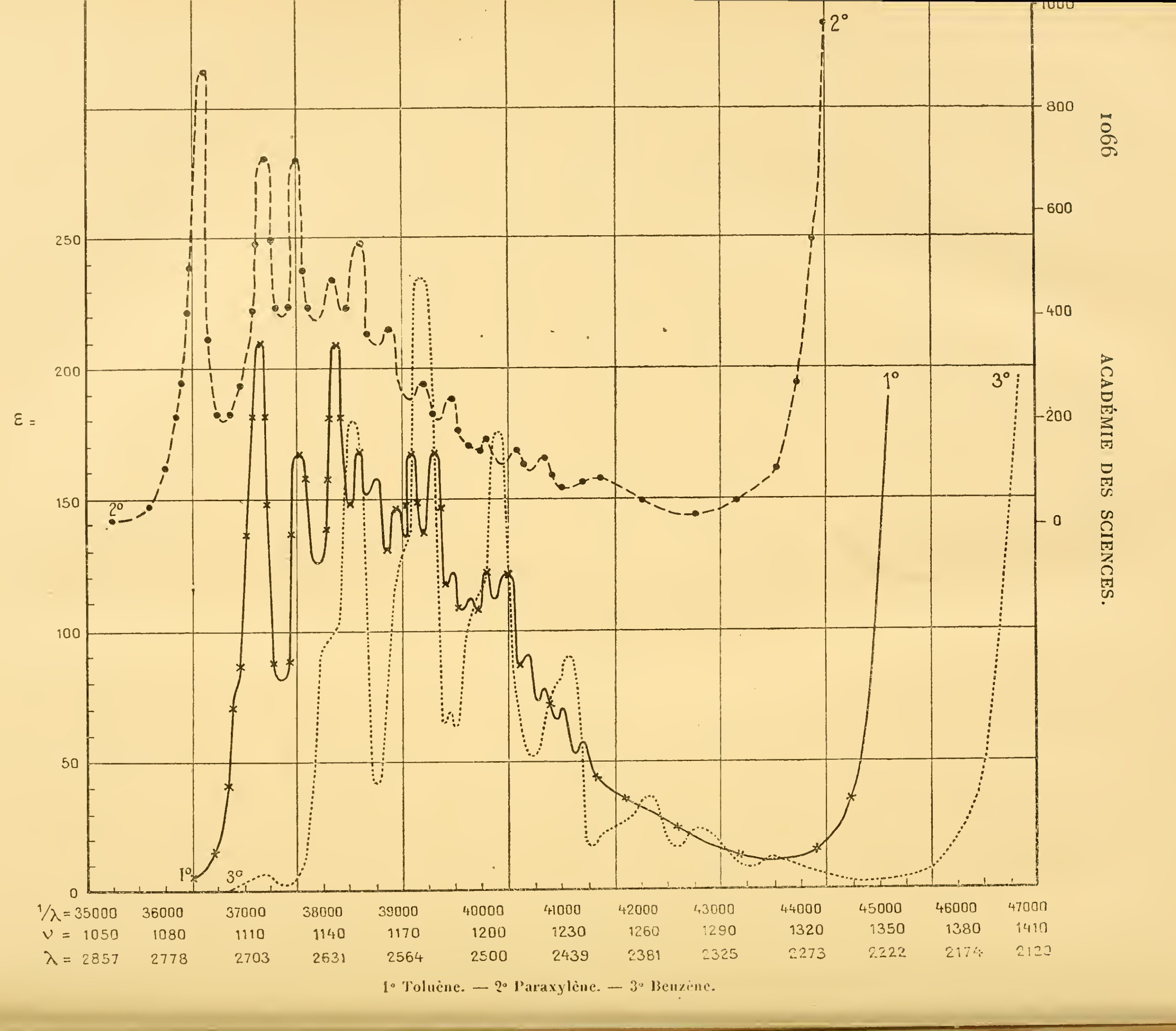
Résultats. — 1° Le toluène en solution hexanique possède 16 bandes d'absorption entre 2685 et 2424 Å. Le benzène présente environ dans la même région spectrale 8 bandes.

2° L'intensité de l'absorption est pour le toluène très légèrement supérieure à celle du benzène. Le spectre est décalé vers le rouge de 70 Å.

3° Les 16 bandes du toluène peuvent être distribuées en quatre groupes; dans chaque groupe l'intensité décroît avec la longueur d'onde et la différence des fréquences est constante; on trouve en moyenne $\Delta \frac{1}{\lambda} = 943$. Dans le cas du benzène, cette périodicité fondamentale est égale à 921,4.

Nos des bandes.	λ.	ε.	$\frac{1}{\lambda}$ (cm^{-1}).	$\Delta \frac{1}{\lambda}$.	Nos des bandes.	λ.	ε.	$\frac{1}{\lambda}$.	$\Delta \frac{1}{\lambda}$
1...	2685	210	37240	»	2...	2650	167	37736	»
3...	2618	210	38200	960	5...	2586	157	38670	934
7...	2554	167	39154	954	9...	2524	120	39620	950
11...	2494	120	40100	946	13...	2466	88	40552	932
15...	2437,5	68	41025	925					

(¹) Séance du 20 novembre 1922.



1° Toluène. — 2° Paraxylène. — 3° Benzène.

Nos des bandes.	λ.	ε.	$\frac{1}{\lambda}$.	$\Delta\frac{1}{\lambda}$.	Nos des bandes.	λ.	ε.	$\frac{1}{\lambda}$.	$\Delta\frac{1}{\lambda}$.
4...	2603	167	38417	»	6...	2569	147	38925	»
8...	2539	167	39386	**969**	10...	2509	110	39857	**932**
12...	2480	120	40323	**937**	14...	2451	75	40800	**943**
16...	2424	55	41254	**931**					

4° Les trois xylènes ont des spectres d'absorption très différents. L'*ortho* présente trois bandes larges; le *méta* cinq bandes; l'intensité de l'absorption est, pour les deux, presque la même que pour le toluène; on observe seulement un décalage, vers le rouge, de 25 Å. pour l'*ortho* et de 40 Å. pour le *méta*.

Le *para* présente douze bandes étroites; le coefficient d'absorption ε est environ quatre fois plus grand et le décalage, par rapport au toluène, est de 50 Å.

5° Les douze bandes du paraxylène se distribuent en trois groupes. Dans chaque groupe l'intensité diminue avec la longueur d'onde et la différence des fréquences reste constante, égale en moyenne à $\Delta\frac{1}{\lambda} = 1186$, ainsi qu'on le voit d'après le Tableau suivant :

Nos.	λ.	ε.	$\frac{1}{\lambda}$.	$\Delta\frac{1}{\lambda}$.	Nos.	λ.	ε.	$\frac{1}{\lambda}$.	$\Delta\frac{1}{\lambda}$.	Nos.	λ.	ε.	$\frac{1}{\lambda}$.	$\Delta\frac{1}{\lambda}$.
1.	2741	852	36476	»	2.	2684	700	37265	»	4.	2623	470	38124	»
3.	2655	700	37665	**1189**	5.	2600	540	38461	**1196**	7.	2545	270	39293	**1169**
6.	2575	354	38830	**1165**	8.	2522	240	39651	**1190**	10.	2471	150	40469	**1176**
9.	2497	152	40048	**1218**	11.	2449	130	40833	**1182**	12.	2407	90	41545	**1076**

Nous donnons, sur la figure, les spectres d'absorption du benzène, du toluène et du paraxylène. Pour ce dernier l'échelle est différente et la courbe est tracée au-dessus des deux autres.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur une modification possible du diagramme fer cémentite.* Note (¹) de M. **Louis Grenet**, présentée par M. G. Charpy.

On sait que dans les fers à peu près purs généralement étudiés, on observe trois transformations désignées par les termes : point a_1, point a_2, point a_3.

(¹) Séance du 20 novembre 1922.

Outre ces trois transformations dont on s'occupe le plus parce qu'elles sont dans les limites de température où l'on effectue le traitement thermique, on observe vers 1400° une autre transformation signalée par le Dr Ball, puis étudiée au point de vue magnétique par Curie, qui a observé que l'allure de la courbe du magnétisme en fonction de la température revenait brusquement à ce qu'elle était avant la transformation précédente.

Les recherches effectuées à l'aide des rayons X par Arne Westgren et Gösta Phragmen (*Iron and Steel Institute*, mai 1922) montrent que cette transformation (point a_4) rapproche l'état cristallographique du fer de ce qu'il était avant la transformation précédente (point a_3).

Le point a qui correspond à la transformation en phase γ de l'eutectique, phase α + phase cémentite, n'existe évidemment pas dans le fer pur, il disparaît même dans les fers carburés en présence du silicium, qui décompose la phase cémentite et isole le carbone en graphite (Charpy et Cornu-Thénard).

Le point a_2 correspond à une transformation sans changement de phase qui s'observe dans tous les corps ferromagnétiques (point de Curie).

Les seules transformations avec changement de phase à envisager pour le fer pur sont donc a_3 et a_4.

En a_3 le fer pur subirait la transformation α en γ et en a_4 la transformation γ en δ.

Quelques remarques s'imposent lorsqu'on veut tracer un diagramme et appliquer une nomenclature.

Les recherches effectuées sur le fer électrolytique, par Stead et Carpenter (*Iron and Steel Institute*, septembre 1913) et Burger et Keloberg (*J. of Washington Acad.*, 1914), montrent que dans le vide la transformation phase α en phase γ s'étend sur un intervalle de 20° à 25°.

Les résistances passives peuvent intervenir dans une certaine mesure, mais si elles intervenaient seules, le début de la transformation au refroidissement devrait être à température inférieure au début de la transformation à l'échauffement; or, ces températures sont sensiblement les mêmes. Il y a donc lieu d'admettre que la transformation d'équilibre s'étale sur un certain intervalle de température, ce qui est incompatible avec la transformation d'un corps pur.

La température de transformation α en γ est relevée de 20° environ lorsque le métal est bien débarrassé de gaz par le vide, mais il est tout à fait vraisemblable que tous les gaz ne s'éliminent pas au rouge par le vide; des

corps gazeux au rouge comme le phosphore et le soufre subsistent, des traces de gaz plus difficiles à caractériser peuvent subsister.

Tandis que le fer électrolytique chauffé à 900° cristallise facilement au refroidissement en gros éléments α, la cristallisation en gros éléments n'a plus lieu si la température de chauffage atteint 1000° ou est prolongée à 950°. Stead et Carpenter admettent qu'il faut atteindre 1000° pour que les dernières traces de phase α se dissolvent rapidement dans la phase γ déjà formée, l'absence de germes α rend ainsi lente la cristallisation au refroidissement. Cette hypothèse implique que le fer rigoureusement pur subit sa transformation α en γ au-dessus de 1000°.

Si l'on observe, d'une partla relation établie par Curie entre le coefficient d'aimantation et la température d'un fer doux au-dessous de 900°, d'autre part la relation liant la température à la quantité de carbone nécessaire pour faire passer la phase α à l'état de phase γ, on observe entre ces deux relations une analogie frappante.

La quantité de carbone nécessaire pour transformer la phase α en phase γ correspond à la teneur en carbone de la phase γ saturée de phase α.

	Températures.				
	808.	833.	860.	885.	912.
Coefficients d'aimantation × 10 ([1])	655	439	238	119	45
Teneurs en carbone pour 100 × 2000 ([2]) ..	500	400	300	140	60

La rapide décroissance, lorsque la température s'élève de la teneur en carbone de la phase γ saturée de phase α, nous (Charpy et Grenet) faisait déjà douter, il y a vingt ans, de la possibilité d'atteindre vers 950° la limite de transformation α en γ du fer pur.

Le fait que la solubilité de la phase α dans la cémentite suive une loi analogue à l'aimantation, aimantation qui décroît d'une façon continue, permet de supposer qu'on ne peut atteindre la limite de solubilité de la phase α dans une quantité infiniment petite de cémentite, la transformation α en γ du fer pur qui correspond à cette limite serait donc irréalisable.

Nous voyons qu'il y a un ensemble de faits qui permettent de penser qu'au point de vue du diagramme des phases, les petites impuretés toujours contenues dans les échantillons de fer que nous pouvons obtenir suffisent à les différencier du fer rigoureusement pur.

([1]) *Œuvres de Curie*, p. 314. Gauthier-Villars, 1908.

([2]) Charpy et Grenet, *Recherches sur la dilatation des aciers* (*Bulletin de la Société d'Encouragement*, avril 1903).

Il est ainsi permis de considérer pour les aciers un diagramme tout à fait identique à celui qui est employé dans l'étude des alliages de cuivre.

La possibilité d'envisager un tel diagramme ne change rigoureusement rien aux conceptions qui servent à classer les phénomènes relatifs aux aciers, puisqu'il suffit de considérer que les aciers réalisables contiennent une quantité de carbone (ou d'impuretés assimilées) supérieure à *a* pour 100, la valeur de *a* devant être extrêmement faible (voir la figure).

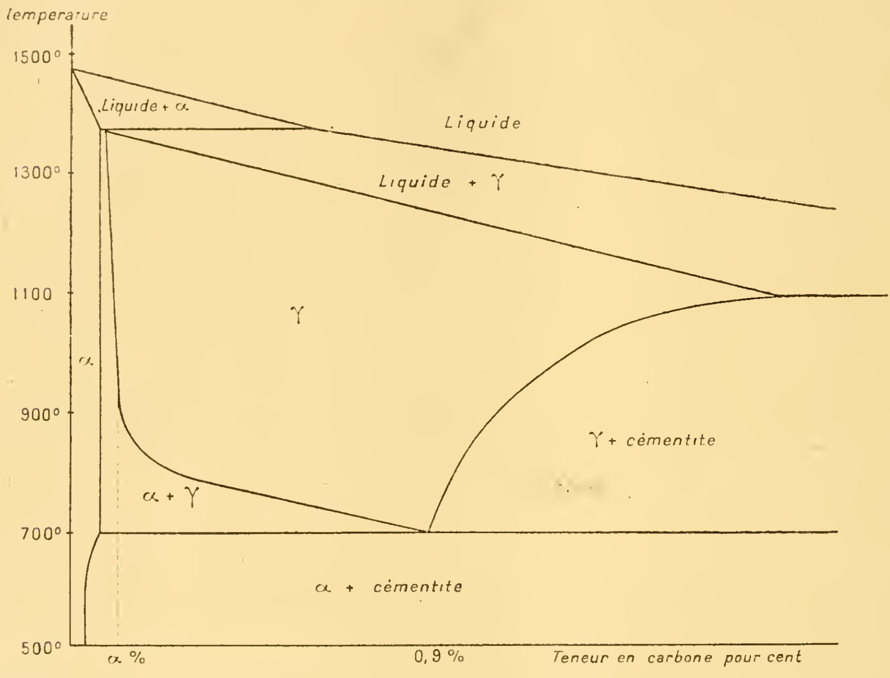


Diagramme d'équilibre fer cémentite dans lequel ne figure aucune transformation du fer pur solide.

Toutefois l'usage de diagrammes identiques pour les aciers et les alliages de cuivre montrerait mieux que l'usage de diagrammes en apparence très différents qu'il est illogique de considérer les aciers comme se différenciant des autres alliages par suite des transformations du métal fer.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Influence de la structure des combinaisons organiques sur leur oxydation sulfochromique.* Note de M. **L.-J. Simon.**

Beaucoup de substances organiques sont complètement brûlées par le mélange d'acide sulfurique et d'anhydride chromique : ce sont celles qui

ont une chaîne linéaire, aux extrémités de laquelle sont fixés des groupes fonctionnels oxygénés; ce sont aussi les dérivés phénoliques et les acides benzéniques substitués *directement* sur le noyau aromatique.

D'autres résistent, en partie, à ce mélange oxydant, mais sont complètement brûlées si l'on remplace CrO^3 par CrO^4Ag^2; ce sont les dérivés de substitution des précédentes par un groupe CH^3 (ou C^nH^{2n+1}) lié à un atome de carbone; ce sont également les dérivés *benzéniques* qui résultent de l'*intercalation* d'un groupe CH^2 entre le noyau et le groupe fonctionnel. Ces indications sont justifiées par le Tableau ci-après :

Ce Tableau suggérera aux chimistes avertis certaines réflexions au sujet de la précision des résultats, de l'influence de la pureté des produits, de certaines anomalies, etc. Je me bornerai ici à examiner l'influence de la structure sur l'oxydation en comparant entre elles quelques substances isomères.

L'acide benzoïque $C^6H^5-CO^2H$ est complètement brûlé par CrO^3 : on peut dans sa molécule substituer CH^3 à l'atome d'hydrogène fonctionnel et l'on a le benzoate de méthyle ou opérer la même substitution dans le noyau benzénique et l'on a les trois acides toluiques ou encore on peut intercaler CH^2 entre C^6H^3 et CO^2H d'où l'acide phénylacétique. Seul le benzoate de méthyle est complètement brûlé; les autres ne le sont qu'incomplètement.

Résultats complètement parallèles avec le phénol, l'anisol, les trois crésols et l'alcool benzylique.

A l'inverse de ce qui se passe pour l'acide benzoïque et le phénol l'intercalation de CH^2 dans l'acide oxalique et l'oxalate diméthylique fournit l'acide malonique et son éther qui sont également brûlés par CrO^3; si alors dans ce groupe CH^2 on substitue à l'hydrogène les radicaux CH^3 C^2H^5, etc., la combustion cesse d'être complète.

La combustion sulfochromique révèle donc des différences de structure qui échappent à la méthode habituelle de combustion : on peut songer à son emploi pour des études de tautomérie ou de migration moléculaire.

Les nombres inscrits dans la colonne Δ comprise entre C_1 et C_2 ont été calculés au moyen de la formule $\Delta = \frac{n(C_2 - C_1)}{C_1}$ dans laquelle n représente le nombre d'atomes de carbone. Δ représente donc le nombre de ces atomes qui échappent à la combustion et que je désignerai sous le nom de *déficit d'oxydation sulfochromique*. A condition de l'interpréter, la valeur de Δ peut à son tour fournir sur la structure moléculaire de nouvelles indications, mais pour cela d'autres développements sont nécessaires.

Noms.	Symboles.	Carbone pour 100. C_1 (par CrO^3).	Δ.	C_2 (par CrO^4Ag^2).	Valeur théorique.
Acide glycolique	$CH^2OH - CO^2H$	31,4-31,7	″	31,4	31,6
Lactate de Zn sec ([1])	$CH^3 - CHOH - CO^2H$	24,7	1,13	39,6	40
» de Ca sec ([1])	$CH^3 - CHOH - CO^2H$	26,5	1	39,5	40
» de méthyle	$CH^3 - CHOH - CO^2CH^3$	42,4	0,4	47,1	46,1
» d'éthyle	$CH^3 - CHOH - CO^2C^2H^5$	30	2	51,3	50,85
» de butyle	$CH^3 - CHOH - CO^2C^4H^9$	42,7	1,86	58,2	57,5
» d'amyle	$CH^3 - CHOH - CO^2C^5H^{11}$	44,6	2	59,6	60
Acide oxalique (crist.)	$CO^2H - CO^2H.2H^2O$	19,35	″	19,05	19,05
Acide malonique	$CO^2H - CH^2 - CO^2H$	34,5	″	34,85	34,6
Malonate de méthyle	$CO^2CH^3 - CH^2 - CO^2CH^3$	45,3-44,8	″	45,0	45,45
Méthylmalonate de Ca ([1])	$CO^2H - CH(CH^3) - CO^2H$	29,05	1,17	41,1	40,7
Éthylmalonate de Ca ([1])	$CO^2H - CH(C^2H^5) - CO^2H$	32,2	1,43	45,2	45,45
Diméthylmalonate de Zn ([1])	$CO^2H - C(CH^3)^2 - CO^2H$	29,7	1,72	45,3	45,45
Diéthylmalonate de K ([1])	$CO^2H - C(C^2H^5)^2 - CO^2H$	34,9	2,15	52,4	52,15
Benzoate de méthyle	$C^6H^5 - CO^2CH^3$	70,1-70	″	71	70,6
Acides toluiques ortho	$C^6H^4 \langle {}^{CO^2H}_{CH^3}$	67,2-67,2	0,44	71,1	»
Acides toluiques méta		66,4-66,5	0,48	70,7	»
Acides toluiques para		69,8-69,5	0,14	70,9	»
Acide phénylacétique	$C^6H^5 - CH^2 - CO^2H$	67,6	0,38	71	»
Phénylacétate de méthyle	$C^6H^5 - CH^2 - CO^2CH^3$	70,5	0,30	72,9	72
Acide phénylpropionique	$C^6H^5 - (CH^2) - CO^2H$	68,4	0,45	72,5	»
Anisol	$C^6H^5(OCH^3)$	77,5	″	78,6	77,8
Crésols ortho	$C^6H^5 \langle {}^{OH}_{CH^3}$	67,2	0,98	78,2	»
Crésols méta		68,9	0,80	77,8	»
Crésols para		69,6	0,78	78,4	»
Alcool benzylique	$C^6H^5 - CH^2(OH)$	62,1-62,7	1,24	77,9	»
Pyrocatéchine	$C^6H^4(OH)^2$	65,5	″	66,4	65,45
Résorcine		64,8-64,5-64,4	″	65,9	»
Hydroquinone		57,8-56,3	0,75	61,85-60,92	»
Gaïacol	$C^6H^4(OH)(OCH^3)$	68,1	″	68,3	67,7
Vératrol	$C^6H^4(OCH^3)^2$	68,5	″	69,8	69,5
Phloroglucine	$C^6H^3(OH)^3.2H^2O$	44,9	″	45,6	44,5
Pyrogallol	$C^6H^3(OH)^3$	54,3-54,4	0,31	57,4	57,06
Acide gallique	$C^6H^2(OH)^3CO^2H.H^2O$	44,4	″	46,2	44,7
Anéthol	$C^3H^5 - C^6H^4(OH)$	73	0,76	79,8	81,1
Eugénol	$C^3H^5 - C^6H^3(OH)(OCH^3)$	64,6	1,06	72,3	73,1
Vanilline	$COH - C^6H^3(OH)(OCH^3)$	62,2	″	63,6	63,15
Pipéronal	$COH - C^6H^3(O^2CH^2)$	63,6-63,7	″	64,7	64

([1]) Pour faciliter les comparaisons, les résultats ont été rapportés aux acides correspondants.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur quelques propriétés du nickel actif employé comme catalyseur en Chimie organique.* Note de M. **André Brochet**, présentée par M. A. Haller.

J'ai indiqué précédemment [1] différents modes de préparation du nickel actif non pyrophorique. Lorsqu'on noie du nickel pyrophorique dans l'eau en faisant ou non bouillir le liquide, on constate, après filtration et séchage, que le nickel n'est plus pyrophorique. Quant à son activité, les résultats obtenus ne sont pas constants, le nickel est devenu quelquefois inactif, ou le plus souvent paresseux, en ce sens que le démarrage de l'hydrogénation est souvent très long. Il est vrai que le produit s'est plus ou moins aggloméré et que c'est évidemment la cause de la difficulté du démarrage. L'agitation du nickel ainsi traité, en présence d'eau, dans une atmosphère d'hydrogène, peut lui rendre tout ou partie de son activité.

Si le nickel est noyé dans un liquide organique, filtré et séché, après avoir été au besoin lavé avec un solvant volatil, on constate également qu'il n'est plus pyrophorique, mais ici la perte d'activité n'est plus aussi sensible, souvent même elle est inappréciable.

La perte de pyrophoricité, quelle que soit son origine, n'empêche pas le nickel d'être facilement ignifiable. Il suffit de le chauffer en un point avec un fil de platine porté au rouge, et l'incandescence gagne progressivement toute la masse.

Je suis arrivé aux conclusions suivantes :

1° La pyrophoricité est due uniquement à l'hydrogène occlus par le métal.

2° En cours de fabrication du catalyseur, la pyrophoricité plus ou moins grande du nickel peut donner une indication sur son activité plus ou moins grande, ou du moins sur l'état plus ou moins avancé de la réduction de l'oxyde.

3° Le nickel actif, débarrassé d'hydrogène tout en conservant sa propriété d'être facilement ignifiable, a conservé son activité.

4° Il n'y a aucune relation entre la pyrophoricité et l'activité d'un catalyseur.

5° Tout catalyseur mouillé et séché a perdu la propriété d'être pyrophorique, sans avoir perdu son activité.

---

(1) André Brochet, *Comptes rendus*, t. 175, 1922, p. 816.

6° Tout catalyseur ayant perdu la propriété d'être pyrophorique la reprend plus ou moins si on le réchauffe un certain temps dans l'hydrogène.

Il est souvent posé en principe qu'un catalyseur est d'autant plus actif qu'il est plus léger. Cela n'est pas absolu, sinon l'oxyde de nickel volumineux préparé par le procédé Bedford et Erdmann par calcination du nitrate de nickel en présence de sucre (B. F. 451.155) devrait donner un nickel considérablement plus actif que ceux obtenus par les autres procédés. Or l'activité de ce catalyseur n'est pas en rapport avec son degré de ténuité. J'ai d'autre part montré qu'un nickel actif épuisé par un travail d'hydrogénation est généralement plus léger que le nickel actif primitif ([1]). En définitive, si deux nickels sont préparés de la même façon, il y a des chances pour que le plus léger soit le plus actif, mais ce nickel plus léger deviendra encore plus ténu après un travail d'hydrogénation qui lui aura fait perdre plus ou moins son activité.

La relation entre l'activité d'un catalyseur et sa surface, qui est évidente, semble cependant difficile à dégager, d'après ce qui vient d'être dit. La raison en est qu'à côté de la question de surface proprement dite, que nous pouvons envisager, mesurer même, vient se superposer un autre facteur sur lequel nous n'avons jusqu'à présent aucun élément d'appréciation. C'est l'état de cette surface pouvant être modifié physiquement ou chimiquement.

L'emploi de catalyseurs non pyrophoriques qui présente le grand avantage d'en permettre la manipulation, permettra également d'en compléter l'étude par l'analyse chimique et l'examen microscopique.

Il est enfin un point essentiel relativement à l'étude de la catalyse hydrogénante, c'est la mesure de l'hydrogène occlus par le nickel. Elle nous réservera probablement des surprises. Il est certain que l'opinion, que le nickel absorbait peu l'hydrogène, par rapport au platine et au palladium, semble avoir été la principale cause qui ait fait admettre que le nickel devait être, pour les liquides, un mauvais catalyseur hydrogénant, à côté de ces deux métaux nobles et que la haute pression, voire même la haute température, étaient nécessaires à l'hydrogénation par son intermédiaire.

Les chiffres indiqués jusqu'à présent par les différents auteurs, pour l'hydrogène occlus par les différents métaux, sont excessivement disparates, ce qui montre la difficulté de la question à laquelle ont été attachés les

([1]) André Brochet, *Comptes rendus*, t. 175, 1922, p. 583.

noms de Graham, Raoult, Berthelot, Favre, Mond, Troost et Hautefeuille. Ramsay, etc.

Une série de mesures, dans des conditions bien précises, sur des catalyseurs dont la préparation aura été parfaitement étudiée, permettra probablement de faire faire un grand pas à la théorie de la catalyse hydrogénante.

Il est vraisemblable que la propriété d'occlusion des métaux pour l'hydrogène doit être le facteur essentiel de l'hydrogénation. La mesure de l'occlusion de l'hydrogène par un nickel à différents stades de sa vie fixera sur cette question.

Cette propriété d'occlusion est probablement en relation avec la composition chimique du catalyseur (nickel plus activeurs ou retardateurs) la mesure de la surface et l'état de la surface, facteurs de l'activité de ce catalyseur.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur les irido-dipyridino-tétrachlorures* $[Ir(C^5H^5N)^2Cl^4]M$.

Note de M. **Marcel Delépine**, présentée par M. A. Haller.

Dans une Note antérieure sur le dédoublement optique de l'irido-trioxalate de potassium $Ir(C^2O^4)^3K^3$, j'ai signalé l'existence de deux séries d'irido-dipyridino-tétrachlorures $Ir(C^5H^5N)^2Cl^4M$ isomères, sans plus de renseignements que leur couleur, les uns étant rouges, les autres orangés (¹).

La théorie de l'octaèdre de Werner prévoit les deux isomères, l'un devant avoir ses deux molécules de pyridine sur deux sommets contigus, en 1.2 ou cis, l'autre, sur deux sommets opposés, en 1.6 ou trans. Le problème que je me suis posé a été de déterminer laquelle de ces deux configurations appartient, soit aux sels rouges, soit aux sels orangés. J'ai dû entreprendre à cet égard des recherches étendues qui ont démontré que les sels rouges devaient être considérés comme dipyridinés en trans, et les sels orangés, en cis. Je me bornerai aujourd'hui à donner sommairement les préparations et caractères de ces combinaisons.

La pyridine se substitue en une minute à 100° dans les chloro-iridites ou

(¹) M. Delépine, *Comptes rendus*, t. 159, 1914, p. 239.

les aquo-pentachloro-iridites, pour donner des complexes une fois pyridinés, les irido-pyridino-pentachlorures $Ir(C^5H^5N)Cl^5M^2$ déjà décrits (¹); pour obtenir les dérivés dipyridinés, il faut chauffer beaucoup plus longtemps, de 45 à 60 minutes à 100° ou plusieurs jours vers 40°. Les réactions peuvent s'écrire :

$$IrCl^6M^3 + 2C^5H^5N = Ir(C^5H^5N)^2Cl^4M + 2ClM,$$
$$Ir(H^2O)Cl^5M^2 + 2C^5H^5N = Ir(C^5H^5N)^2Cl^4M + ClM + H^2O.$$

On obtient ainsi directement les sels rouges et les sels orangés potassiques, sodiques, ammoniques, mais la réaction n'est jamais simple; les rendements, de 50 pour 100 pour les sels orangés, sont bien moindres pour le sel rouge et la formation de substances accessoires rend l'extraction des sels purs assez laborieuse. La formation constante, bien qu'insolite, de sel rouge de pyridine $Ir(C^5H^5N)^2Cl^4H.C^5H^5N$ très peu soluble m'a donné à penser qu'on pourrait améliorer les rendements, tout au moins en sels rouges, en mettant à l'avance du chlorhydrate de pyridine qui précipiterait ces derniers pendant la réaction. Le *modus operandi* suivant donne toute satisfaction :

On chauffe pendant une heure au bain-marie à 100° 1^{mol} de $IrCl^6(NH^4)^3 + H^2O$ ou de $Ir(H^2O)Cl^5(NH^4)^2$ avec 10^{mol} de pyridine dont on sature 4 par de l'acide chlorhydrique 2N qui apporte en même temps l'eau voulue pour la réaction. Il se fait rapidement un dépôt cristallisé de sel rouge de pyridine, mêlé vers la fin de sel orangé isomère, dont la majeure partie reste en solution. On sépare les deux sels, grâce à leur très inégale solubilité dans l'eau (chaude ou froide) : 1 partie de sel rouge exige 770 parties d'eau pour se dissoudre à 18°-19°, le sel orangé, 65 parties seulement. 100 parties de sel triammonique hydraté fournissent ainsi 61 parties de sel trans de pyridine et 53 parties de sel cis (total : 114 pour 100; théorie : 120 pour 100); 100 parties de sel aquo-diammonique en fournissent respectivement 62 et 66 (total : 128 pour 100; calculé : 135) et cela sans formation de quantités appréciables de composés secondaires.

De chacun de ces sels de pyridine, on passe aux sels alcalins en déplaçant la pyridine salifiante par les hydroxydes ou l'ammoniaque, et des sels alcalins aux sels insolubles ou peu solubles, grâce à des doubles décompositions appropriées. Les sels de K, Rb, Cs, NH^4, Na, Tl, Ag et ceux de pyridine ont été préparés et analysés. Solides, les sels trans sont rouge plus ou moins foncé, à poussière rosée; les sels cis sont orangés, à poussière orangée; les solutions sont respectivement rosées, rouges, rouge foncé ou jaunes, orangées ou orangé foncé suivant la concentration.

La solution des sels rouges précipite les solutions de Tl, Ag, Hg′, Hg″, Cd; la solution des sels orangés précipite les trois premiers métaux, mais pas le cadmium. Les

(¹) Delépine, *Comptes rendus*, t. 152, 1911, p. 1390, 1589.

sels rouges précipitent non seulement les sels de pyridine, mais encore ceux de quinoléine, d'isoquinoléine, de quinine, de strychnine, de morphine, de cocaïne, d'atropine et de bien d'autres alcaloïdes, sans doute; les sels orangés ne précipitent pas les trois derniers alcaloïdes. Il y a donc quelques différences sensibles de propriétés.

Il semble que l'acide des sels trans soit moins puissant que celui des sels cis. Si l'on ajoute à la solution des premiers un demi-volume d'acide chlorhydrique et si l'on agite avec de l'alcool amylique, la liqueur aqueuse est presque décolorée, tandis que l'acide passé dans l'alcool le colore fortement; la même expérience avec les sels cis donne aussi un alcool amylique fortement coloré, mais la couche aqueuse reste d'un jaune très appréciable. Avec les pyridino-pentachloro-iridites, on ne colore pas l'alcool, vraisemblablement parce que leur acide n'est pas déplacé; à plus forte raison, avec les hexachloro-iridites. Ces constatations montrent que l'introduction de la pyridine dans le complexe, tout en diminuant le nombre des fonctions acides, en amoindrit aussi la force.

La pyridine est fixée énergiquement dans les irido-dipyridino-tétrachlorures : on peut les chauffer avec les acides ou les alcalis dissous sans l'en faire partir, du moins rapidement. Ainsi, après 50 heures d'ébullition dans 300^{cm^3} de SNa^2 (2N) additionnés de 100^{cm^3} de NaOH (N) $0^g,50$ de sel rouge n'avaient abandonné que 16 pour 100 de pyridine sur 28 pour 100 que contient ce sel; les sels orangés paraissent encore plus robustes.

Les oxydants transforment les irido-dipyridino-tétrachlorures en chlorures iridiques dipyridinés $Ir(C^5H^5N)^2Cl^4$, corps neutres dont il sera question ultérieurement.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur l'hydrogénation des aldéhydes et cétones en présence du noir de platine pur et impur.* Note de M. **Faillebin**, présentée par M. Haller.

La méthode d'hydrogénation catalytique au noir de platine permet entre autres choses la fixation facile de l'hydrogène sur les doubles liaisons éthyléniques, sur le noyau aromatique, sur les aldéhydes et les cétones. Il y a là une méthode d'un emploi commode à cause des excellents rendements qu'elle fournit en général, ainsi qu'il résulte des travaux de Vavon, Willstätter, etc. Cependant si dans les deux premiers cas on arrive facilement au composé saturé ou cyclohexanique, l'obtention d'alcools à partir des aldéhydes et cétones peut rencontrer des difficultés systématiques. Dans

le but de voir si l'on ne pourrait pas amoindrir ces difficultés, j'ai repris l'étude de ces dernières hydrogénations.

J'ai préparé le catalyseur en réduisant par le formol en liqueur alcaline et concentrée un acide chloroplatinique ou le chloroplatinate de potassium. Si ces deux derniers corps sont des composés de platine purs, le catalyseur obtenu, appliqué à l'hydrogénation des aldéhydes ou cétones, donne de mauvais rendements : la réduction dépassant le terme alcool fournit le carbure correspondant. On observe en outre un deuxième phénomène : la fatigue rapide du catalyseur.

Ainsi l'aldéhyde benzoïque ($\frac{1}{4}$ molécule) en solution dans l'alcool absolu fournit, à côté d'alcool benzylique (la moitié environ de la quantité correspondant à l'hydrogène fixé), du toluène contenant 14 pour 100 de méthylcyclohexane. De plus, 2^g de platine ne peuvent fixer plus de 800^{cm^3} d'hydrogène, après quoi le catalyseur n'agit plus. Il a donc fallu opérer en plusieurs fois pour fixer la quantité d'hydrogène correspondant à la formation d'alcool, la quantité de platine employée étant chaque fois de 1^g ou 2^g. Le catalyseur primitif était pourtant bien capable de faciliter les hydrogénations; ainsi il fixait par gramme 100^{cm^3} d'hydrogène en 3 minutes sur le benzène; d'ailleurs, après hydrogénation de l'aldéhyde, ce catalyseur pouvait être régénéré. On doit enfin remarquer qu'il n'y a pas là une simple question de solvant : dans l'alcool à 80°, on constate aussi la formation de carbures.

Pour les aldéhydes aliphatiques, on a même allure du phénomène. Ainsi, dans le cas de l'aldéhyde isovalérique en solution dans l'éther, il ne se forme sensiblement que le pentane correspondant; de plus, 1^g de catalyseur ne peut fixer que 230^{cm^3} d'hydrogène sur $\frac{1}{20}$ de molécule d'aldéhyde. Les cétones, méthyléthylcétone, pipéronyl-4-butanone-2, acétone ordinaire même diluée de son poids d'eau, se comportent de même en présence de platine pur.

Les phénomènes sont entièrement changés si l'on emploie un catalyseur contenant certaines impuretés. Tel est le cas d'un catalyseur obtenu en réduisant par le formol et la soude un mélange d'acide chloroplatinique avec 5 pour 100 de son poids de chlorure ferrique. L'hydrogénation des aldéhydes aromatiques se fait alors avec un excellent rendement en alcool. Pour les aldéhydes aliphatiques et les cétones l'opération a la même allure, elle est simplement plus lente. En particulier j'ai employé ce platine ferrique à l'hydrogénation de la pipéronyl-4-butanone-2 dont l'alcool secondaire était inconnu; j'ai obtenu un rendement quantitatif, le solvant étant

l'éther acétique. Avec cette cétone, l'emploi d'un platine très pur, même en quantité représentant 50 pour 100 du poids de la cétone, ne conduit, toutes choses égales d'ailleurs, à aucun rendement en alcool secondaire.

Il semble que l'addition de chlorure d'iridium au lieu de chlorure ferrique, lors de la préparation du noir de platine, permette d'obtenir un catalyseur qui, dans le cas des aldéhydes aromatiques, favorise la formation des alcools, mais beaucoup moins nettement que l'addition de chlorure ferrique.

GÉOLOGIE. — *Sur la présence de* récifs waulsortiens *dans le Calcaire carbonifère du bassin de Laval.* Note (¹) de MM. G. **Delépine** et V. **Milon**, présentée par M. Barrois.

Dans ses études sur les formations d'âge carbonifère du bassin de Laval, D. Œhlert a décrit deux assises calcaires qu'il a considérées comme distinctes : l'une inférieure, fossilifère, le *calcaire de Sablé*, d'âge dinantien; l'autre, le *calcaire de Laval*, surmontant des grauwackes à échinides, a été attribuée par lui au Westphalien (²).

Au point de vue lithologique, le *calcaire de Laval* comprend, entre autres facies variés, des calcaires massifs, traversés par des veines noires ou bleuâtres, qui forment parfois des faisceaux sinueux, allongés normalement au pendage de l'ensemble de la formation. Ce type de calcaire est bien exposé à 1^{km} au nord de la gare de Saint-Pierre-la-Cour (Mayenne), dans la carrière de l'Euche, où l'on a mis à découvert, sous des sables tertiaires, des têtes de roches partiellement décomposées. Leur altération nous a permis d'étudier la structure de ces calcaires massifs.

L'axe des veines caractéristiques de ces calcaires est constitué par des organismes, qui peuvent être exceptionnellement des débris de crinoïdes, mais qui sont surtout, et presque toujours, des *Fenestellides;* leurs touffes abondantes forment la trame du massif, les intervalles étant remplis par de la boue calcaire, avec de menus débris de crinoïdes. Lors des phénomènes de recristallisation consécutifs (ou même contemporains du dépôt), des cristaux aciculaires de calcite se sont implantés perpendiculairement à la sur-

---

(¹) Séance du 20 novembre 1922.

(²) D.-P. Œlhert, *Réunion de la Société géologique de France dans la Sarthe et dans la Mayenne* (*B. S. G. F.*, 4ᵉ série, t. 9, 1909, p. 560). Sur la position du calcaire de Sablé dans le Dinantien, voir G. Delépine, *Note préliminaire sur la faune du Calcaire carbonifère du bassin de Laval* (*A. S. G. N.*, t. 42, 1913, p. 26).

face des fenestelles, épousant les courbures de leurs colonies flabelliformes; de là résultent les allures sinueuses, irrégulières des veines qui sillonnent le calcaire.

La structure que nous venons de décrire est exactement celle que M. H. de Dorlodot a observée dans les calcaires dits à *veines bleues* des récifs waulsortiens de la vallée de la Meuse. La comparaison que nous avons pu faire avec des échantillons provenant des récifs bien connus de Maredsous, Sosoye, et des Pauquys, ne laisse point de doute sur l'identité de nature de ces formations avec celles que nous avons pu observer dans la carrière de l'Euche.

Cette ressemblance avec les facies waulsortiens de la Belgique est complétée par deux autres traits :

1° Au voisinage des calcaires massifs à Fenestellides, il existe à Saint-Pierre-la-Cour des calcaires irrégulièrement stratifiés, pétris de grosses encrines;

2° Comme dans les récifs waulsortiens classiques, les fossiles, surtout des Brachiopodes, sont accumulés par *nids*.

Dans le bassin de Laval, les *facies waulsortiens* se retrouvent en plusieurs autres points. Le facies récifal est représenté à Bouëre (ouest de Sablé) : le calcaire massif à veines noires ou bleues y est entamé dans les deux carrières du Jar et de Boisjourdan; il y est surmonté par des calcaires à grosses encrines.

Nous avons retrouvé le calcaire à veines bleues, mais avec un moindre développement, à Auvers-le-Hamon, dans une carrière où il est en contact direct avec le calcaire noir de Sablé.

A Saint-Berthevin, près Laval, on n'observe actuellement que le calcaire à grosses encrines dans quelques exploitations anciennes.

Conclusion. — La formation connue sous le nom de *calcaire de Laval* est représentée en de nombreux points du bassin de Laval par des roches de facies waulsortien, en particulier des *récifs à Fénestellides*, qui sont l'élément le plus caractéristique des formations analogues en Belgique.

L'étude en cours de la faune de ces récifs nous permettra d'examiner ultérieurement les relations qui existent entre ces formations waulsortiennes et le calcaire, ou marbre noir, de Sablé.

GÉOLOGIE. — *Sur la présence de nappes de charriage dans les Corbières orientales.* Note de M. L. **Barrabé**, présentée par M. Pierre Termier.

La seule inspection de la feuille géologique de Narbonne et la discussion des coupes de la Thèse de Doctorat de M. L. Doncieux ([1]) avaient permis dès 1908 à M. Léon Bertrand ([2]) de considérer les terrains triasiques et jurassiques compris entre Fontjoncouse, Jonquières et Albas, comme des fragments d'une nappe de charriage venue du S.E. et reposant sur le Tertiaire ou le Crétacé supérieur; cette nappe serait le prolongement de la nappe pyrénéenne A de la feuille de Quillan. Au cours des études que j'ai entreprises dans les Corbières orientales, j'ai pu vérifier la nature charriée de ces terrains et suivre avec précision le front de la nappe depuis le ravin descendant de la Pinède de Durban vers la Berre jusqu'à la route de Ripaud à Thézan.

A. *Du ravin de la Pinède de Durban au ruisseau de la Figarole.* — Le massif urgonien entourant la Pinède de Durban est recouvert sur son bord Nord, aux abords de la route de Durban à Albas, par des calcaires dolomitiques cargneuliformes du Lias inférieur.

En suivant le contact de l'Urgonien et du Lias, on constate, près de la Salse, qu'une lame de Trias s'intercale entre ces deux terrains. Depuis la Salse jusqu'à la cote 365 (N.E. d'Albas), le bord de la nappe est constitué par une bande de Trias de largeur très variable, séparant le Lias inférieur de la nappe des couches éocènes qui s'enfoncent au-dessous avec un pendage presque Nord. De plus le contact est jalonné par plusieurs lambeaux plus ou moins importants de calcaires, parfois nettement emballés dans le Trias, parfois pincés entre la nappe et son substratum; le plus oriental situé près de la Salse est urgonien, les autres sont en calcaire blanc jaunâtre, compact, non fossilifère, peut-être thanétien; toutefois le lambeau le plus septentrional contient *Orbitolina discoidea* Gras, et est donc au moins partiellement urgonien. Ces lambeaux sont certainement des lames de charriage arrachées par la nappe aux massifs thanétiens et urgoniens situés plus au Sud.

([1]) L. Doncieux, *Monographie géologique et paléontologique des Corbières orientales* (*Ann. de l'Université de Lyon*, 1903).

([2]) Léon Bertrand, *Contribution à l'histoire stratigraphique et tectonique des Pyrénées orientales et centrales* (*Bull. Carte géol. Fr.*, n° 118, t. 17, 1906-1907, p. 95).

Au N.E. de la cote 365, le Trias se lamine et le Lias moyen vient reposer directement sur le Tertiaire dont les couches ont un pendage Est et non Ouest comme l'indique la feuille de Narbonne.

B. *Plateau liasique de Jonquières.* — C'est un lambeau de recouvrement très net, constitué par un plateau de dolomies hettangiennes, de calcaires du Lias inférieur et moyen et de marnes toarciennes (*Hildoceras bifrons*, Brug., etc.). Sur tout le pourtour, le Lutétien inférieur plonge sous cet ensemble dont il est séparé par une lame de Trias continue. Vers l'Est seulement le pendage des couches tertiaires est presque vertical; des lambeaux isolés de Toarcien y sont en contact avec le Trias dont l'épaisseur est réduite. Au sud du plateau, une lame de charriage de calcaire blanc, compact, est pincée dans le contact. Au nord, un lambeau de calcaire analogue domine Jonquières.

Il est remarquable qu'ici, comme d'ailleurs en de nombreux autres points des Corbières orientales, les marnes du Toarcien arrivent au contact direct des marnes bariolées du Trias et s'y mélangent au point que la délimitation précise des deux niveaux devient impossible. On se trouve très probablement en présence d'une base de nappe : le Trias, qui formait surface de glissement, s'étant trouvé en contact en quelques points avec les marnes toarciennes, les a entraînées en s'y mélangeant au cours du charriage [1].

C. *Du plateau de Jonquières au jour à chaud de Ripaud.* — Le lambeau de Jonquières est relié à la nappe par un pédoncule de Trias, d'abord très étranglé, puis s'élargissant pour former la large bande triasique qui occupe le fond de la vallée de la Figarole. A l'est de la vallée de la Figarole, le massif liasique de Fontjoncouse, couronné par le plateau jurassique du Devis, vient s'appuyer le Trias; ici encore le Toarcien vient au contact direct du Trias. Entre la Figarole et le col de la Loube, le Trias se lamine et disparaît rapidement, laissant le Lias inférieur s'appuyer directement sur le Lutétien inférieur dont les couches plongent au Sud. Il existe encore là deux lames de charriage de calcaire blanc jaunâtre sans fossiles (Thanétien?) Un peu avant la traversée de la route de Coustouge à Fontjoncouse, le Trias reparaît; il est encore très mélangé vers l'Est à du Toarcien fossilifère.

Vers le Nord, le Trias disparaît à nouveau et la nappe constituée par des

---

[1] A.-F. Noguès [*Note sur les gypses secondaires des Corbières* (*B.S.G.F.*, 2e série, t. 20, 1862, p. 12-15)] a trouvé des fossiles du Lias supérieur dans des marnes rouges triasiques; leur présence y est facilement explicable par le mélange des deux niveaux.

calcaires dolomitiques du Lias inférieur s'appuie sur les calcaires thanétiens. Après la traversée de la Combe de Paradis et du plateau couronné par la cote 307, on retrouve dans le contact une lame de Trias qui très vite se mélange à du Toarcien marneux fossilifère et séparant le Thanétien du Lias inférieur. Cette lame de Trias se prolonge jusqu'au sud du col de Vente-Farine avec seulement quelques étranglements et jalonnée par de nombreux pointements d'ophite. Elle contourne vers le S.W. la cote 240, au bord de la route de Fontjoncouse à Ripaud ; ce mamelon est un éperon de substratum, probablement sparnacien (calcaire gris avec de nombreux tests écrasés de gastéropodes). A 1^{km} environ au nord du col de Vente-Farine, une lame de calcaire dolomitique (Lias inférieur) s'intercale entre le Lias et les calcaires thanétiens du mont Saint-Victor, à pendage S.W., sur lesquels elle s'appuie.

Au sud du mont Saint-Victor une nouvelle lame de Trias apparaît dans le contact et se prolonge jusqu'à la route de la Nouvelle à Thézan, qu'elle traverse près du four à chaux de Ripaud, séparant les dolomies grises hettangiennes de la nappe des couches thanétiennes et daniennes du substratum, renversées et plongeant au S.E. La région de la nappe située au S.E. de mont Saint-Victor présente une série de plis couchés au N.W., avec axes synclinaux en marnes toarciennes et axes anticlinaux en Trias, dus certainement à l'obstacle opposé au charriage par les calcaires thanétiens de Saint-Victor.

D. *Plâtrière de Thézan.* — Le lambeau de Trias avec gypse et ophite situé à 3^{km} au sud de Thézan, en pleine région de calcaires thanétiens, repose sur ces calcaires : vers l'Ouest les bancs éocènes plongent sous le Trias avec un pendage faible ; à l'Est le contact anormal est subvertical et hématisé.

Conclusion. — De cet ensemble de faits il résulte que :

1° La région triasique et jurassique comprise entre Ripaud, Fontjoncouse, Jonquières, Albas et le ruisseau de la Pinède de Durban est charriée sur le bord du bassin tertiaire de Coustouge : les prolongements des couches du Crétacé supérieur et de l'Éocène de la région d'Albas se retrouvent nettement au nord de la nappe.

2° Cette nappe est venue du Sud-Est, les plis couchés au sud du mont Saint-Victor en font foi.

3° Cette nappe s'est étendue au Nord jusqu'au voisinage de Thézan.

GÉOLOGIE. — *Les terrasses quaternaires de la haute vallée du Tage.* Note (¹) de M. F. Roman, transmise par M. Ch. Depéret.

Jusqu'ici les formations alluviales quaternaires n'ont pas été subdivisées dans les vallées des fleuves du versant atlantique de l'Espagne. Dans une rapide excursion en compagnie de MM. Gomez Llueca et de Llarena, nous avons pu constater qu'il était possible de retrouver dans la vallée du Tage les mêmes terrasses que l'on a décrites dans d'autres pays.

Nos observations ont porté sur les environs de Tolède, sur le Rio Jarama, affluent de rive droite du Tage et sur la vallée de ce fleuve entre le barrage de Bolarque et Almonacid de Zorita.

I. Aux environs de Tolède on distingue trois terrasses successives :

a. La *basse terrasse de* 15^m-20^m, visible depuis la gare jusqu'à la station d'Algodor et utilisée par la ligne de Madrid (rive gauche du Tage). Ce même niveau a été signalé par M. de Llarena sur la rive droite du fleuve, où il est formé par un conglomérat de 5^m à 6^m d'épaisseur se maintenant à 540^m d'altitude, le fleuve coulant à 525^m (²). On retrouve cette terrasse en aval de Tolède (rive droite) au Molino del Egidio, où elle forme une falaise dominant le fleuve, constituée par une alternance de cailloutis quartzeux et de lits argileux rougeâtres, dans lesquels sont disséminés quelques cailloux empruntés aux terrains cristallins et paléozoïques voisins.

b. Une deuxième terrasse de 55^m domine sur la rive gauche la ligne de Madrid à Tolède. Elle est très nettement indiquée par un banc de conglomérats horizontal à éléments plus volumineux que ceux de la basse terrasse, surtout composé de quartzites. Des lambeaux plus ou moins étendus se retrouvent sur la rive droite au-dessus de la route de Mocejon.

c. A l'ouest de Tolède, à los Lavanderos (3^{km} environ sur la rive droite), le Tage coule au pied d'une colline formée d'argiles rouges sableuses, surmontées à 100^m *au-dessus du fleuve par une haute terrasse quaternaire*. Les éléments constituants sont assez volumineux : cailloux de roches granitiques et gneissiques altérés, quartz de filons très arrondis, quartzites bleuâtres rougeâtres paléozoïques. La partie supérieure de la formation est plus fine et formée de sables quartzeux grossiers alternant avec des cailloutis.

La haute terrasse de 100^m est le niveau d'alluvions le plus ancien que j'aie observé. Elle ravine les argiles rouges signalées plus haut, très développées à Tolède sous le quartier de l'hôpital où elles forment de vastes talus capricieusement découpés par l'érosion.

(¹) Séance du 20 novembre 1922.

(²) De Llarena y Pou, *Excursion por el Mioceno de la cuenca del Tajo* (*Bull. Soc. Española de Hist. nat.*, 1913, p. 234).

Cette dernière formation n'a jusqu'ici donné aucun fossile et a été rapportée au Quaternaire par les géologues espagnols. Les argiles de Tolède, sous les murailles de la ville, reposent sur les gneiss, tandis que sur la route de Mocejon elles surmontent le Miocène continental. Leur position stratigraphique doit donc être comprise entre ce dernier étage et le Quaternaire ancien. Elles sont sûrement pliocènes, sans pouvoir actuellement préciser davantage.

II. Au sud-est de Madrid, j'ai observé deux terrasses très nettes sur le Rio Jarama.

Près de Vaciamadrid, la rivière coule au pied d'escarpements miocènes contre lesquels s'appuie *une terrasse de* 15^m, dont les cailloutis sont exploités. Cette basse terrasse se retrouve sur la rive gauche du Jarama et forme une plaine cultivée de 2^{km} de large parcourue par la ligne de Colmenar de Oreja. Elle est dominée par *une terrasse de* 25^m-30^m au-dessus de la rivière, qui s'étend jusqu'au pied des collines d'Arganda (Miocène).

III. Le Tage, dans sa haute vallée, traverse en cluse une partie de la sierra d'Altomira, en partie miocène, et forme une vaste plaine alluviale à partir de Sayaton-Bolarque. Actuellement le fleuve est encaissé dans un chenal étroit qui entaille les diverses terrasses alluviales et atteint le Tertiaire sous-jacent (Miocène et Oligocène).

Près du pont du chemin de fer de Sayaton, on voit sur les deux rives du fleuve, mais surtout sur la rive gauche, *une terrasse de* 15^m. Elle est utilisée par le chemin de fer pendant plusieurs kilomètres.

Plus près de Bolarque, le fleuve est dominé par une terrasse peu développée sur ce point et formée d'éléments plus volumineux empruntés pour la plupart au Paléozoïque. Cette dernière *terrasse, du niveau de* 30^m, est particulièrement remarquable au sud de la route de Sayaton à Almonacid. Depuis le pont en construction sur cette route on peut en photographier le profil.

Une troisième *terrasse de* 55^m-60^m forme un témoin isolé assez grand entre le fleuve et le village d'Almonacid et constitue un plateau parallèle au Tage, séparé de la Sierra d'Altomira par la dépression au fond de laquelle se trouve Almonacid.

On voit, d'après ces observations fragmentaires, et qui demanderaient à être raccordées, que le Quaternaire du Tage comporte au moins quatre terrasses s'élevant respectivement à 15^m, 30^m, 55^m-60^m et 100^m au-dessus du niveau du fleuve. Ces résultats sont conformes aux observations faites sur divers fleuves atlantiques, en France, par MM. Depéret et Chaput, au Maroc, par MM. Russo et Passemard. Elles concordent avec les niveaux classiques de la Méditerranée tels qu'ils ont été établis par le général de la Mothe et confirmés par les études de MM. Gignoux et Depéret.

D'après M. Gaetano Rovereto ([1]), ferme partisan des théories eustatiques, les fleuves atlantiques de l'Hémisphère austral auraient suivi eux aussi la même loi.

PHYSIQUE COSMIQUE. — *Recherches sur l'action solaire à distance.* Note ([2]) de M. **Albert Nodon**, présentée par M. Brillouin.

Des recherches antérieures ([3]) nous ont démontré que les radiations solaires provoquent la décharge de l'électromètre par leur action directe à distance, ou après leur passage à travers un écran.

De nouvelles recherches effectuées en Béarn, pendant l'été de l'année 1922, nous ont permis d'étudier les variations que subissent ces actions selon le degré d'activité solaire; et d'autre part, de les mesurer en présence des substances *radioactives*.

Le dispositif adopté dans ces nouvelles recherches se composait d'un électromètre à feuille d'aluminium chargé négativement. L'instrument était relié à un disque collecteur en métal, isolé et protégé par une caisse. Le collecteur pouvait être directement exposé aux radiations solaires, ou bien il pouvait être soustrait à leur action directe, à l'aide d'écrans formés de substances diverses, telles que du carton noir, verre, bois, aluminium, fer, zinc, etc., ou par du carton noir recouvert sur l'une de ses faces d'une substance *radioactive*, telle que l'oxyde d'uranium ou de la poudre de bismuth, maintenus sur leur support, au moyen d'un adhésif.

Des observations furent faites successivement sous l'action directe du soleil, ainsi que sous un ciel nuageux; ou à l'intérieur d'une pièce close. Les résultats furent les suivants :

La décharge négative de l'électromètre sous l'action directe des radiations solaires, ou sous l'action indirecte de ces radiations, après leur passage à travers un écran, ou bien observées dans une pièce close, est plus rapide pendant les périodes d'activité solaire, qui correspondent aux périodes de maxima magnétique terrestre, que pendant les périodes de faible activité solaire, correspondant à des minima magnétiques.

([1]) G. Rovereto, *La géologie fondamentale de la Pampa* (*Bull. Soc. géol. Fr.*, 4e série, t. 31, p. 278).

([2]) Séance du 20 novembre 1922.

([3]) *Étude sur les phénomènes électriques par les radiations solaires* (*Comptes rendus*, t. 109, n° 6, 1889, p. 219). — *Observations sur l'action électrique du Soleil et de la Lune* (*Comptes rendus*, t. 145, 1907, p. 521).

La décharge est toujours plus rapide sous l'action directe des radiations solaires qu'après l'interposition d'un écran, des nuages, ou que dans l'intérieur d'une pièce close.

La décharge atteint la plus grande rapidité entre 12^h et 16^h ; elle subit de fréquentes et rapides variations pendant le cours d'une journée, et parfois même pendant la durée d'une observation.

Les vitesses de décharge pendant les périodes de maxima et de minima peuvent subir, sous l'action directe des radiations solaires, des variations de l'ordre de 1 à 100.

Les variations parallèles observées en présence de l'uranium et du bismuth sont de l'ordre de 1 à 10.

Les résultats précédents confirment ceux qui ont été déjà obtenus par la méthode photographique, pour les ultraradiations (1).

Il paraît en outre résulter de l'ensemble de ces recherches que les effets d'ionisation (actions photogéniques et électriques), produits en présence d'une substance *radioactive*, telle que l'uranium, présentent une intensité variable, suivant le degré d'activité des radiations extérieures.

MÉTÉOROLOGIE. — *La foudre et les arbres*. Note de M. V. SCHAFFERS.

Pour expliquer l'immunité dont semblent jouir certaines essences, on invoque parfois la décharge préventive lente qui se ferait grâce à la forme pointue ou dentelée qui caractérise leur feuillage, ou mieux encore, grâce aux poils fins qui le couvrent chez quelques espèces. Il ne semble pas qu'on ait jamais essayé de faire des mesures pour appuyer ces considérations, ou pour les combattre ; car elles sont loin d'être admises par tous les auteurs.

J'ai exécuté une série de mesures de ce genre, d'après une méthode analogue à celle qu'on emploie pour la détermination des potentiels de décharge sur les pointes métalliques. Une feuille normale, saine et fraîchement cueillie était fixée à 2^{cm} d'un disque isolé chargé positivement par une machine statique, dont le négatif était à la terre. La feuille était également mise à la terre par l'intermédiaire d'un galvanomètre très sensible. On notait le potentiel indiqué par un voltmètre relié au plateau positif, au moment où le courant commençait.

Voici quelques-uns des résultats en volts pour les essences les plus com-

(1) ALBERT NODON, *Recherches sur l'action photogénique des ultraradiations* (*Comptes rendus*, t. 174, 1922, p. 1061).

munes. L'ensemble sera publié ailleurs. Ce sont les moyennes obtenues sur trois feuilles de chaque espèce, les différences individuelles étant, naturellement, assez importantes. Comme il s'agit ici uniquement de la comparaison des potentiels dans des conditions identiques, on ne s'est pas attaché à obtenir des valeurs absolues aussi exactes que possible. Ces résultats ont été mis en regard de la proportion des coups de foudre relevés de 1884 à 1906 en Belgique d'après M. E. Vanderlinden, de l'Observatoire d'Uccle. On y a joint la statistique de Prohaska pour la Styrie et la Carinthie, où les peuplements sont très différents. Cette statistique est également empruntée au Mémoire de M. Vanderlinden ([1]).

	I.		II.		III.
Peuplier	55,6	Aulne	10550	Résineux	41
Chêne	13,9	Robinier	3190	Chêne	21,1
Orme	7	Noyer	8150	Peuplier	10,9
Résineux	6,8	Chêne	7850	Poirier	8,4
Hêtre	3,8	Châtaignier	7740	Tilleul	3,3
Poirier	2,7	Pommier	7380	Châtaignier	2,7
Saule	1,5	Peuplier	6950	Frêne	2,1
Frêne	1,3	Marronnier d'Inde	6900	Noyer	2
Tilleul	1,2	Platane	6750	Pommier	1,5
Pommier	1,1	Hêtre	5860	Saule	1,3
Robinier	1,1	Orme	5560	Hêtre	0,8
Noyer	0,7	Frêne	5000	Orme	0,4
Marronnier d'Inde	0,5	Poirier	5930	Robinier	0,1
Châtaignier	0,3	Saule	4930	Aulne	0,1
Aulne	0,1	Résineux	4470		
Platane	0,1	Tilleul	4110		

I : Pour 100 en Belgique sur 1101 cas. — II : Potentiels initiaux négatifs. — III : Pour 100 en Styrie-Carinthie sur 717 cas.

On voit immédiatement *qu'il n'y a aucun rapport simple* entre le potentiel de décharge silencieuse et la fréquence des coups de foudre sur les arbres, et par conséquent l'explication proposée est sans fondement.

Ajoutons que l'herbe a donné dans les mêmes conditions un potentiel de décharge de — 2490 volts : c'est celui des plus fines pointes métalliques. D'autre part, des pointes dorées de paratonnerre ont donné de — 8510 à — 9810 volts. On peut en conclure que l'action préventive des paraton-

([1]) En France, semble-t-il, il n'a guère été publié de relevés de ce genre : on ne cite que celui de l'année 1883 comprenant 79 cas (*Comptes rendus*, t. 98, 1884, p. 328, 865). Le peuplier y figure pour 39,2 pour 100, le chêne pour 16,5 pour 100, le sapin pour 5 pour 100; le hêtre n'y paraît pas.

nerres, à laquelle beaucoup de personnes croient encore, doit également être abandonnée; car, si elle existait, elle serait tellement énergique sur les végétaux qu'elle rendrait tout orage impossible.

MÉTÉOROLOGIE. — *Sur le retour périodique des grands hivers.* Note de M. E. Roger, présentée par M. Bigourdan.

En 1860, E. Renou a trouvé que les grands hivers reviennent périodiquement. Je voudrais montrer que les observations faites depuis lors confirment ce fait et que la période est d'environ 41 ans.

Cela résulte du Tableau suivant, où je donne, par groupes, les hivers les plus froids avec les minima de température quand ils sont connus :

1416	1400	
	1420	
	1422	
1458	1432	
	1458	
	1460	
	1464	
	1469	
1500	1490	
	1494	
	1499	
	1503	
	1508	
	1511	
	1512	
1542	1524	
	1538	
	1544	
	1548	
1582	1565	
	1571	
	1572	
	1584	
	1591	
	1595	
1624	1603	
	1608	
	1616	
	1621	
	1624	
	1625	
	1633	
	1636	
	1638	
1665	1656	
	1658	
	1660	
	1663	
	1665	
	1670	
	1672	
	1677	
1707	1695	−17°,9
	1696	
	1709	23,1
	1716	−19,7
1748	1729	−15,3
	1740	12,8
	1742	16,5
	1745	13,8
	1747	13,6
	1748	14,1
	1754	15,0
	1755	14,7
	1757	11,9
	1758	12,5
	1763	10,3
	1766	10,9
	1767	13,1
	1768	−16,3
1789	1776	−17,2
	1784	18,8
	1789	21,8
	1795	23,5
	1799	17,0
	1802	−15,5
1830	1810	−12°,5
	1813	10,6
	1814	12,5
	1820	14,3
	1823	14,6
	1827	12,8
	1829	17,0
	1830	17,2
	1838	19,0
	1841	13,6
	1845	12,2
	1847	−15,1
1871	1854	−14,4
	1855	13,3
	1860	16,2
	1861	10,9
	1871	11,2
	1872	21,5
	1880	25,6
	1881	13,6
	1888	15,0
	1891	−15,0
1912	1893	−17,0
	1895	15,4
	1909	14,8
	1917	15,4
	1918	−13,6

Les mêmes nombres indiquent aussi des traces de périodes de 100 ans et de 200 ans.

PHYSIQUE DU GLOBE. — *Sur la constitution des aires océaniques en bassins de résonance, par la dérive des masses continentales sous l'action des marées.* Note de M. **E. Fichot**, présentée par M. Ch. Lallemand.

Pour expliquer les particularités les plus caractéristiques du phénomène des marées dans les différentes régions du globe, Harris a partagé, de façon un peu arbitraire, l'ensemble des océans en un certain nombre d'aires partiellement closes, qu'il appelle des *systèmes*, et qui se comporteraient comme des résonateurs vis-à-vis de certains termes du potentiel générateur des marées. Bien que cette conception, sous la forme que lui a donnée son auteur, soulève d'assez nombreuses objections, il semble néanmoins, après la critique minutieuse qu'en a faite Poincaré [1], qu'il y ait lieu d'en conserver les grandes lignes.

On est alors amené à penser qu'une telle correspondance, vérifiée dans un si grand nombre de cas, ne saurait être l'effet du hasard et à se poser un problème cosmogonique fort curieux, celui de savoir si les ondes de la marée n'auraient pas contribué à se former elles-mêmes un domaine approprié, tout comme font les ondes lumineuses dans la célèbre expérience de Lippmann sur la photographie des couleurs.

A première vue, le mécanisme de cette action paraît assez difficile à comprendre, mais on peut lui trouver une explication plausible dans l'hypothèse de Wegener sur la dérive des masses continentales.

Considérons, pour simplifier, un bassin rectangulaire dont deux parois opposées seraient mobiles, et supposons que la masse liquide qu'il renferme soit animée, sous l'action d'une force périodique extérieure, d'une oscillation contrainte de la catégorie des ondes-marées. Les parois extrêmes, subissant sur toute leur superficie l'action des déplacements horizontaux caractéristiques d'une telle onde, se mettront en mouvement et tendront vers une position relative telle que le bassin ainsi constitué soit susceptible d'une oscillation propre ayant même période que l'oscillation contrainte. Dans ce cas, en effet, les déplacements horizontaux s'annuleront d'eux-mêmes sur les parois mobiles, qui n'éprouveront plus alors de tendance au déplacement.

---

[1] *Leçons de Mécanique céleste*, t. 3. *Théorie des marées*, Chap. XVI.

Pour étendre ce résultat à un bassin de contour quelconque, il suffit de considérer, avec Poincaré [1], l'intégrale $\int h\varphi \frac{dN}{dt} ds$, où N représente la composante normale du déplacement et φ la fonction *cotidale*, c'est-à-dire la fonction particulière des coordonnées dont la connaissance entraîne à la fois celle du courant et celle de la surélévation. L'intégrale de Poincaré représente la quantité d'énergie traversant un contour donné en vertu de l'oscillation. Or cette énergie sera nulle lorsque le contour considéré limitera un domaine dont l'oscillation propre dépendrait précisément de la même fonction cotidale.

On peut donc conclure que des masses continentales en dérive tendront, sous l'action des marées, à s'écarter de manière à constituer des bassins de résonance.

Comme la loi de profondeur intervient nécessairement pour déterminer la première résonance réalisée, celle-ci pourrait d'ailleurs s'exercer en faveur de tel ou tel terme du potentiel.

D'autre part, toute configuration de résonance obtenue constituera une configuration stable, car si elle se trouvait légèrement modifiée par les pressions agissant sur les faces non primitivement réunies des continents séparés, la grandeur des déplacements mis alors en jeu dans l'aire considérée tendrait immédiatement à la rétablir dans ses limites correspondant à la résonance parfaite.

La formation des systèmes d'Harris se trouve ainsi rattachée à une théorie géophysique générale et les deux conceptions originales d'Harris et de Wegener, si étrangères l'une à l'autre qu'elles puissent paraître *a priori*, se prêtent de ce fait un mutuel appui.

BOTANIQUE. — *Sur quelques particularités de la flore algologique de Saint-Malo.* Note de M. G. **Hamel**, présentée par M. L. Mangin.

Si, en certains points des côtes françaises, les algues ont été parfaitement étudiées, comme à Cherbourg, à Brest, au Croisic ou à Biarritz, il reste encore à préciser le caractère de la végétation dans les endroits où les algologues n'ont fait que passer sans publier le résultat de leurs herborisations. Dans l'herbier Thuret et dans l'herbier général du Muséum se trouvent de

---

[1] *Loc. cit.*, Chapitre IX.

nombreux échantillons recueillis à Saint-Malo par Thual, en « l'an VI de la République », puis par Delise et Lenormand, et enfin par Thuret et Bornet qui y séjournèrent pendant plusieurs mois en 1873 et y firent leurs belles recherches sur le développement du cystocarpe des Floridées. Cependant on ne possède que peu de renseignements sur les algues de cette région si riche en espèces variées.

De fréquents séjours au cours de ces deux dernières années m'ont permis de recueillir quelques espèces intéressantes.

Codium Bursa (L.) Ag. — M. de Beauchamp a signalé le *Codium Bursa* à Bréhat dans deux stations différentes : dans des cuvettes et sur les parois verticales des pointes avancées. Dans la région de Saint-Malo, cette algue est abondante. On la trouve dans des cuvettes au bas de la corniche d'Aleth et sur les parois verticales des rochers à Cézembre, à l'île des Ebbiens et, dans la Rance, depuis la pointe de la Briantais jusqu'à la pointe de Jouvente. En septembre dernier, j'ai découvert une station nouvelle bien plus abondante aux Planches, nom donné à un groupe de rochers ensablés qui se trouvent en face du Paramé. Là, des milliers de *Codium* croissent, serrés les uns contre les autres, couvrant de leurs touffes la surface entière de ces têtes de roches.

Ce *Codium* est abondant dans la Méditerranée et pénètre dans l'Océan à Cadix et à Tanger. Sur nos côtes françaises de l'Atlantique, il semble manquer jusqu'à Brest, où les frères Crouan l'ont recueilli et publié dans leur *exsiccata*, sous le n° 404, avec la mention « rare ». Chauvin l'a distribué de Granville, dans ses Algues de Normandie, sous le n° 114. Chalon, qui a herborisé en de nombreux points de la côte, ajoute, dans son Catalogue, après l'énumération des diverses localités : « probablement en épaves, cependant Chauvin dit positivement sur les pierres. Je n'ai jamais vu cette espèce en place. »

Cette algue n'existe pas à Cherbourg. A Saint-Vaast-la-Hougue, elle a été recueillie une seule fois par Areschoug en 1858 et n'y a jamais été retrouvée. Le *Codium Bursa* semble donc, sur notre côte occidentale, être localisé entre Bréhat et Granville, dans le golfe de Saint-Malo.

Cladophora prolifera (Roth) Kütz. — Ce *Cladophora*, qui est bien reconnaissable à la teinte brunâtre qu'il prend en séchant et aux rhizines qui descendent le long des branches, est commun dans la Méditerranée, à Tanger, à Cadix et à Biarritz, qui semble sa limite septentrionale. Cependant, Lenormand l'a autrefois trouvé à Granville et j'en ai recueilli un superbe échantillon au commencement d'octobre 1921, dans la Rance, à la pointe de Jouvente.

Solieria chordalis (Ag.) J. Ag. — Cette belle algue croît dans l'Océan entre Brest et Noirmoutier et les plus beaux échantillons proviennent du golfe du Morbihan. M. Sauvageau l'a signalée à Gijon où elle est rare; enfin, elle existe à Cadix, à Tanger et sur la côte de Mauritanie. On ne l'avait jamais trouvée dans la Manche, ni en France, ni en Angleterre.

Je l'ai recueillie dans la Rance, à la pointe de la Briantais, où elle croît en grande abondance à marée très basse.

Voici maintenant quelques algues dont Saint-Malo semble être la limite septentrionale :

Le *Gelidium sesquipedale* Thuret, ainsi que l'a déjà noté M. Sauvageau, d'après un échantillon recueilli par Thual et conservé dans l'herbier Thuret. Cette belle algue est abondante dans l'Atlantique depuis Biarritz jusqu'à Brest. Elle est très rare dans la Manche.

Le *Gigartina Teedii* (Roth) Lamour, qui est assez commun en Bretagne, n'existe pas à Saint-Vaast. Il a été trouvé à Cherbourg « sur les rochers de Longlet où Pelvet, dit Le Jolis, l'a recueilli autrefois en abondance, mais où je n'ai pu le retrouver ». Dans l'herbier Thuret ne se trouve aucun autre échantillon que celui de Pelvet. Chauvin l'a distribué de Granville. J'en ai récolté de beaux échantillons fructifiés à l'île des Ebbiens, au Petit Bey et dans la Rance. Le golfe de Saint-Malo semble donc être actuellement la limite septentrionale de cette espèce.

Le *Polysiphonia subulifera* (Ag.) Harv. est une algue surtout méditerranéenne qui n'a été recueillie qu'à l'état d'épave à Belle-Isle et à Brest. Il est abondamment rejeté à Saint-Malo pendant l'été et semble n'avoir jamais été récolté au nord de cette localité.

Le *Zanardinia collaris* (Ag.) Crouan n'a été vu que très rarement à Brest par les frères Crouan et à Roscoff par Chalon; dans l'herbier Thuret se trouve un échantillon recueilli par le grand algologue lui-même à l'île de Cézembre. Saint-Malo marque, avec Jersey, la limite septentrionale de cette espèce, surtout développée dans la Méditerranée.

Si les caractères négatifs d'une flore sont d'une grande importance, il est cependant délicat d'affirmer l'absence d'une espèce en un point. Je crois néanmoins devoir signaler qu'au cours des nombreuses excursions faites, tant à Saint-Malo que dans les régions avoisinantes, je n'ai jamais trouvé l'*Himanthalia lorea* en place.

De beaux échantillons sont fréquemment rejetés sur la plage de Saint-Servan, mais il est difficile de connaître leur lieu d'origine dans une région où les côtes sont balayées par des courants aussi violents. M. Lapicque et M. de Beauchamp ont aussi noté son absence de Bréhat.

Saint-Malo se trouve donc au centre d'une région marquant la limite septentrionale de plusieurs espèces atlantiques, et sur sa côte croissent des algues qui ne se développent abondamment que dans les eaux chaudes du golfe de Gascogne ou de la Méditerranée.

AGRICULTURE. — *Sur les conditions pratiques de l'emploi de la cyanamide calcique comme engrais.* Note de M. **P. Mazé**, présentée par M. Roux.

La cyanamide calcique est un engrais azoté dont l'emploi présente des difficultés que l'on n'a pas encore toutes surmontées. Dans la pratique, on

atténue les inconvénients résultant de sa causticité et de sa toxicité [1] en l'enfouissant plusieurs jours avant les semailles.

La cyanamide est en effet transformée en urée dans le sol, surtout par les microbes.

On peut se proposer d'accélérer suffisamment la réaction pour permettre de répandre la cyanamide, comme un engrais quelconque, au moment des semailles.

Il suffit pour cela de faire un mélange intime de tourbe et de cyanamide finement pulvérisées, de l'additionner des éléments minéraux nécessaires pour réaliser un milieu nutritif complet et de l'ensemencer avec les espèces microbiennes les mieux adaptées à la fermentation de la cyanamide (groupe des *B. lactis ærogenes* et *cloacæ*). Remarquons que ce mélange fertilisant assure en même temps les rendements les plus élevés qu'un sol puisse produire.

Le rôle de la tourbe est multiple : elle neutralise la chaux vive qui accompagne la cyanamide calcique et décompose cette dernière soit directement par son activité propre, soit indirectement par l'acide carbonique qu'elle dégage par fermentation ; elle absorbe une bonne part de la solution de cyanamide et de sels nutritifs qui se forme dans le sol, et, comme elle constitue l'aliment carboné des microbes, l'hydrolyse de la cyanamide se fait surtout à l'intérieur même des particules de tourbe ; les semences se trouvent ainsi protégées contre l'action toxique de l'engrais synthétique.

Ces résultats, faciles à démontrer au laboratoire, n'acquièrent toute leur valeur probante qu'à la condition d'être confirmés par des expériences en pleine terre.

Ces expériences ont été faites sur deux terrains différents : le premier très sablonneux, de fertilité très inégale, renferme quelques fragments de calcaire roulé ; le second argileux, resté en friche depuis 1914, était envahi par le chiendent. Tous deux sont de réaction acide ; le second porte de nombreuses touffes de prêles et s'est couvert de mousse après la récolte.

On les a divisés en parcelles de trois ares séparés par des allées de 1^m de largeur.

Toutes les parcelles ont reçu indistinctement par hectare :

---

(1) P. Mazé, Vila et M. Lemoigne, *Action de la cyanamide et de la dicyanodiamide sur le développement du maïs* (*Comptes rendus*, t. 169, p. 804), et *Transformation de la cyanamide en urée par les microbes du sol* (*Comptes rendus*, t. 169, 1919, p. 921).

1° 400^{kg} de superphosphate à 14 pour 100 de P^2O^5;

2° 200^{kg} de chlorure de potassium à 20 pour 100 de K^2O;

3° 40^{kg} ou 80^{kg} d'azote à l'état de sulfate d'ammoniaque ou de cyanamide calcique;

4° Des quantités variables de tourbe sèche pulvérisée renfermant en moyenne 2 pour 100 d'azote et 40 pour 100 de carbone et ensemencées de microbes déterminés.

Les parcelles qui recevaient des doses égales d'azote étaient mitoyennes dans le sens de leur plus grande dimension : 30^m dans le premier terrain, 60^m dans le second.

On remarquera que la nature des terrains n'était favorable ni à la combustion rapide de l'humus ni à l'hydrolyse de la cyanamide. Les conditions climatériques presque désastreuses ont également influencé les résultats dans un sens défavorable : le premier terrain a été ensemencé dans la dernière semaine de mars; le temps froid et pluvieux du mois d'avril a retardé la germination de quinze jours; le second a reçu les semences dans la première semaine de mai, la sécheresse survenue brusquement a failli compromettre la levée du grain.

Les résultats obtenus sont consignés dans le Tableau suivant; ils sont évalués en kilogrammes de grains par hectare.

Numéro des parcelles.	Tourbe et engrais (en kg par ha).		Terrains sablonneux. Blé.	Terrains sablonneux. Avoine.	Terrains argileux. Blé.	Terrains argileux. Orge.
			kg	kg	kg	kg
1.	Sulfate d'amm. à 20 % Az.. Tourbe....................	200 2000	1152,5	1364,5	1162	1481,9
2.	Cyanamide Az équivalent à . Tourbe....................	1 2000	1233,2	1601,6	1350,3	1545,5
3.	Sulfate d'amm. à 20 % Az.. Tourbe....................	400 4000	1902,7	1683,1	1713,8	2117,4
4.	Cyanamide Az équivalent à . Tourbe....................	3 4000	1827,1	1863,7	1383,5	1652,3
5.	Sulfate d'ammoniaque...... Tourbe....................	200 5000	1823,4	1698,5	1371,5	1440,2
6.	Cyanamide Az équivalent à . Tourbe....................	5 5000	1499,3	1525	1101,4	1633,8
7.	Témoin sans Az. Tourbe....................	 2000	896,7	993,2	735,3	901,5

Ces chiffres sont riches en renseignements :

La dose de 40^{kg} d'azote à l'hectare (parcelles 1 et 2) donne le même rendement en grains avec un léger excès en faveur de la cyanamide dû vraisemblablement à la chaux.

La dose de 80^{kg} d'azote à l'hectare qu'on atteint rarement dans la pratique donne l'avantage au sulfate d'ammoniaque. On prévoyait d'ailleurs une destruction possible de la semence par la cyanamide employée à cette concentration dans un terrain acide; on a constaté effectivement une action sensible dans ce sens sur la parcelle n° 4 (blé) du terrain sablonneux; mais le retard de la végétation s'est atténué rapidement.

La tourbe employée à une dose 10 fois supérieure au poids de la cyanamide protège la semence d'une manière efficace contre les effets nocifs de la cyanamide. Dans un sol alcalin, son action serait encore plus prompte et l'on pourrait en réduire sensiblement la dose.

Portée à 5000^{kg} par hectare, la tourbe s'est montrée nuisible à la végétation; elle a acidifié le sol d'une façon exagérée, retardé l'hydrolyse de la cyanamide, qui a donné un rendement inférieur à celui de l'azote ammoniacal directement assimilable par la plante.

Ces résultats démontrent que la cyanamide pulvérisée, mélangée à la tourbe, peut être employée comme un engrais azoté ordinaire, le mélange ne présente en outre aucun danger pour les employés qui le manipulent. Il sera donc possible à l'avenir de tirer parti des grandes réserves de tourbe réparties dans toute la région de la France et d'utiliser sur une grande échelle un engrais synthétique délaissé à cause de sa toxicité.

CHIMIE AGRICOLE. — *Assimilabilité comparée du phosphate tricalcique et des phosphates d'alumine et de fer.* Note de M. **Ch. Brioux**, présentée par M. A.-Th. Schlœsing.

Les méthodes les plus usitées pour le dosage de l'acide phosphorique *assimilable* des sols reposent soit sur l'emploi d'une solution d'acide citrique à 1 pour 100, qui s'attaque aussi bien aux phosphates terreux peu agrégés qu'aux phosphates d'alumine et de fer (1), soit sur l'emploi d'acide acétique (2), ou d'une solution très diluée d'acide azotique d'une acidité finale voisine de 0,5 pour 1000 (3), qui ne dissolvent que les phosphates de

(1) B. Dyer, *Annales agronomiques*, t. 20, 1894, p. 291.

(2) Dehérain, *Chimie agricole*, p. 499, et Pagnoul, *Analyse de la terre arable*, p. 55.

(3) Th. Schlœsing fils, *Comptes rendus*, t. 128, 1899, p. 1004.

la première catégorie, sans toucher sensiblement aux phosphates de sesquioxydes, que beaucoup d'agronomes considèrent jusqu'ici comme peu assimilables.

Or ces diverses méthodes donnent des résultats très différents, surtout lorsqu'il s'agit de terres privées de carbonate de chaux, où l'acide phosphorique paraît être combiné en grande partie à l'oxyde de fer et à l'alumine. Nous avons, par exemple, obtenu les chiffres suivants pour quelques terres plus ou moins décalcifiées :

		P^2O^5 soluble dans	
	P^2O^5 total pour 1000.	acide citrique à 1 pour 100.	acide azotique à 5 pour 1000.
		pour 1000	pour 1000
Terre n° 1	0,86	0,072	0,004
» n° 2	1,04	0,121	0,002
» n° 3	1,08	0,180	0,002
» n° 4	1,12	0,134	traces

Dans ces terres, qui ne cèdent presque pas d'acide phosphorique à la solution d'acide azotique faible, mais dont la fumure phosphatée n'a cependant pas été négligée, on obtient des rendements très satisfaisants. Il y a donc lieu de se demander si, contrairement à l'opinion généralement admise, les phosphates d'alumine et de fer n'ont pas une action fertilisante voisine de celle du phosphate tricalcique, principalement dans les sols peu pourvus de chaux.

Le fait paraît avoir été démontré par M. Andouard en ce qui concerne le phosphate d'alumine ([1]), mais nous manquons jusqu'ici de documents précis au sujet de l'action du phosphate de fer; c'est pourquoi nous avons entrepris une série de cultures expérimentales en pots, pour comparer l'action fertilisante du phosphate tricalcique pur à celle du phosphate d'alumine et du phosphate ferrique également purs, préparés au laboratoire.

Le phosphate tricalcique fut obtenu par la méthode de M. Th. Schlœsing père ([2]), et les phosphates de sesquioxydes, par double décomposition, en évitant tout excès de P^2O^5. Après lavages abondants à l'eau distillée, les divers phosphates furent desséchés à froid dans le vide, et passés au tamis n°150. Voici *leur solubilité relative* dans les réactifs usuels employés à froid :

([1]) A. Andouard, *Annales agronomiques*, t. 21, 1895.

([2]) Th. Schlœsing, *Comptes rendus*, t. 131, 1900, p. 149.

Solubilité dans :	Phosphate tricalcique.	d'alumine.	de fer.
Citrate d'ammoniaque au $\frac{1}{20}$	18,60	100	35,15
Acide citrique à 2 pour 100	90,60	56,67	22,20
Acide azotique à 0,5 pour 100	100	11,17	0,31
Acide azotique $\frac{N}{5}$	100	100	100

Le milieu de culture fut un sable blanc silicéux pauvre, dosant 0,11 p. 1000 d'acide phosphorique; chaque pot renfermait $6^{kg},9$ de sable et reçut une bonne fumure azotée et potassique de base, complétée par $1^{g},5$ de carbonate de chaux pur.

Le phosphate tricalcique (36,9 pour 100 de P^2O^5) fut apporté à la dose de 3^g par pot, soit environ 1200^{kg} par hectare, et les phosphates d'alumine et de fer, *à dose égale de* P^2O^5. Toutes les séries de cultures furent effectuées en double; voici les résultats obtenus :

Nature des cultures.	Sans phosphate ajouté. Matière sèche.	Sans phosphate ajouté. P^2O^5 pour 100.	Phosphate tricalcique. Matière sèche.	Phosphate tricalcique. P^2O^5 pour 100.	Phosphate d'alumine. Matière sèche.	Phosphate d'alumine. P^2O^5 pour 100.	Phosphate de fer. Matière sèche.	Phosphate de fer. P^2O^5 pour 100.
	g		g		g		g	
Lin	1,50	0,39	3,60	0,36	5,80	0,33	1,90	0,41
Orge { Paille	15,90	0,09	19,50	0,12	14,50	0,13	17,10	0,08
Orge { Grains	6,51	0,48	12,40	0,76	11,13	0,99	13,56	0,73
Spergule	1,40	0,49	3,85	0,49	8,35	0,82	2,55	0,44
Moutarde blanche	13,85	0,56	15,90	0,64	15,50	0,83	14,25	0,57
Sarrasin	14,90	0,50	17,80	0,84	19,50	1,50	15,20	0,81
Trèfle jaune des Sables	26,96	0,23	39,90	0,34	40,40	0,35	29,10	0,28
Totaux	80,96		112,95		115,18		93,66	

Au point de vue de la production de matière sèche, le phosphate d'alumine s'est montré supérieur au phosphate tricalcique quatre fois sur six, et supérieur au phosphate de fer cinq fois sur six. Le phosphate de fer a été inférieur aux deux autres phosphates cinq fois sur six. Nous pouvons résumer comme suit la totalité des résultats :

	Matière sèche totale.	Soit pour 100 du témoin.	Teneur moyenne en P^2O^5.	P^2O^5 total.	Excédent sur le témoin.
	g		pour 100	mg	mg
Témoins sans phosphate ajouté	80,96	100	0,336	272,0	»
Avec phosphate tricalcique	112,95	139,5	0,475	536,4	264,4
» d'alumine	115,18	142,3	0,676	779,1	507,1
» de fer	93,66	115,7	0,445	417,5	145,5

Dans l'ensemble, le phosphate d'alumine l'a emporté légèrement sur le phosphate tricalcique pour la production de matière sèche; il fut très sensiblement supérieur pour la dose de P^2O^5 absorbée. Le phosphate de fer fut moins assimilable que les phosphates de chaux et d'alumine employés; néanmoins les plantes en ont tiré parti dans une certaine mesure, notamment l'orge et le sarrazin.

En nous plaçant au point de vue particulier du dosage de l'acide phosphorique, dit *assimilable,* des sols, nous pouvons conclure qu'il paraît souhaitable d'adopter un dissolvant s'attaquant non seulement aux phosphates alcalins et aux phosphates de magnésie et de chaux, mais aussi aux formes les plus accessibles des phosphates d'alumine et de fer.

Nous poursuivons nos recherches dans cette voie, en laissant de côté l'acide citrique dont l'emploi offre des inconvénients sérieux lorsqu'on opère sur des sols calcaires.

BIOLOGIE GÉNÉRALE. — *L'action de l'hormone testiculaire sur la valence relative des facteurs allélomorphes chez les Ovins* (Dorset × Suffolk). Note de MM. **A. Pézard** et **F. Caridroit**, présentée par M. E.-L. Bouvier.

Les moutons Mérinos répandus en France présentent un caractère sexuel secondaire très apparent : les béliers portent des cornes longues et enroulées, absentes sur la tête de la brebis. Chez d'autres races, le dimorphisme sexuel peut être beaucoup moins marqué; ainsi dans la race Suffolk, les cornes ne se développent pas dans l'un et l'autre sexe; inversement, dans la race Dorset le bélier et la brebis portent des cornes, un peu dissemblables toutefois : celles de la femelle étant plus petites, plus fines et moins enroulées. Ajoutons que, selon T.-H. Morgan, la castration prépubérale des béliers Dorset entraîne chez eux l'apparition des cornes du type femelle.

En croisant ensemble les races Dorset et Suffolk, les éleveurs ont obtenu des résultats assez curieux différant de ceux que fournissent les croisements classiques. Pour en rendre compte, plusieurs généticiens (Pannett, Davenport, Arkell, Doncaster, etc.) ont imaginé une foule d'hypothèses fondées sur la théorie mendélienne pure, hypothèses qui laissent l'impression d'une inextricable complication. En 1919, T.-H. Morgan a publié, il est vrai, une interprétation nouvelle dans laquelle il introduit les hormones sexuelles, mais sans considérer la forme neutre. Les résultats récents fournis par l'étude des Gallinacés et leur généralisation aux Mammifères appuyée sur les travaux

de Tandler et Groz, Steinach, Knud Sand et surtout Zawadowsky [1] nous permettent d'apporter une explication plus simple et fondée exclusivement sur les résultats fournis par l'expérience.

I. Les faits. — 1° Quand on effectue des croisements entre races Dorset et Suffolk, on obtient à la première génération F_1, et quel que soit le sens du croisement, des *mâles cornus* et des *femelles sans cornes*. La transmission du caractère « présence de cornes » apparaît ainsi comme liée au sexe (sex-linked).

2° Quand on croise entre eux les sujets de la génération F_1, on obtient une deuxième génération F_2 dans laquelle les animaux se répartissent de la façon suivante : 3 mâles cornus pour 1 mâle sans cornes + 1 femelle cornue pour 3 femelles sans cornes.

3° Les croisements effectués entre sujets F_2 et sujets de race pure permettent d'établir que deux des mâles cornus et deux des femelles sans cornes sont hétérozygotes, les autres étant homozygotes.

II. Interprétation nouvelle. — Elle s'appuie sur deux ordres de faits : 1° Fait d'observation : le gamète, mâle ou femelle, porte les caractères des deux sexes, ce qui nous conduit à représenter chacun des gamètes par un double symbole. 2° Fait d'expérimentation : il existe une forme neutre ou asexuée chez les Mammifères comme chez les Oiseaux [Travaux de Taudler et Groz, puis de Zawadowsky (*loc. cit.*)]. En raison de l'action positive de l'hormone testiculaire chez le mâle et de l'absence d'action de l'ovaire chez la femelle, on doit admettre que dans les races Dorset et Suffolk, la forme neutre est réalisée par les brebis, concernant le caractère qui nous occupe (présence ou absence de cornes).

Cela posé, désignons par

D le déterminant *cornes mâles* du gamète Dorset,
d le déterminant *cornes neutres* (femelles) du gamète Dorset,
S les déterminants correspondants (absence de cornes) du gamète Suffolk,
M l'hormone testiculaire mâle,
Gamètes des parents : Dd ou SS,
Combinaison F_1 : Dd SS ou SS Dd (forme infantile).

Analyse de F_1. — Lors de la puberté, caractérisée par l'entrée en fonction des glandes génitales, les facteurs mâles vont prendre la prépondérance et extérioriser les attributs masculins; chez la femelle, au contraire, où l'ac-

---

(1) Zawadowsky, *Das Geschlecht and die Entwicklüng der Geschlechtsmerkmale*. Imprimerie gouvernementale de Moscou, 1922.

tion de l'ovaire est nulle, concernant les cornes, la forme neutre conserve la dominance. Le Tableau suivant indique les combinaisons possibles et les résultats expérimentaux :

		Facteurs extériorisés.	Facteurs potentiels.	Résultats.
Dd. SS	+ Testicule......	DS	dS	Béliers cornus.
	+ Ovaire........	dS	DS	Brebis sans cornes.
SS. Dd	+ Testicule......	SD	Sd	Béliers cornus.
	+ Ovaire........	Sd	SD	Brebis sans cornes.

Au lieu d'introduire pour l'explication des résultats F_1, des hypothèses *a priori* plus ou moins fondées, préoccupons-nous simplement de tirer, de ces résultats, tous les enseignements qu'ils comportent, c'est-à-dire le classement des facteurs allélomorphes. Tous les béliers F_1 étant pourvus de cornes, il s'ensuit que $D + (M)$ domine $S + (M)$. D'autre part, de l'absence de cornes chez les brebis, il s'ensuit que S domine d; d'où $D + (M) > S$ et $S > d$ (¹); par contre $S + (M) = S$.

Cette conclusion *purement expérimentale* va nous donner la clef des phénomènes observés à la deuxième génération (F_2).

Analyse de F_2. — Chacun des hybrides F_1, de formule Dd.SS ou SS.Dd, fournit par dissociation deux catégories de gamètes : Dd et SS; d'où quatre combinaisons possibles :

Dd.Dd — Dd.SS — SS.Dd — SS.SS.

Chacune de ces combinaisons va se trouver à un moment donné en présence de glandes sexuelles actives, d'où huit cas à examiner :

		Facteurs extériorisés.	Facteurs potentiels.	Facteurs dominants.	Résultats.
Dd.Dd	+ Testicule.	DD	dd	$D + (M)$	Bélier cornu homozygote.
	+ Ovaire...	dd	DD	d	Brebis cornue homozygote.
Dd.SS	+ Testicule.	DS	dS	$D + (M)$	Bélier cornu hétérozygote.
	+ Ovaire...	dS	DS	S	Brebis sans cornes hétérozygote.
SS.Dd	+ Testicule.	SD	Sd	$D + (M)$	Bélier cornu hétérozygote.
	+ Ovaire...	Sd	SD	S	Brebis sans cornes hétérozygote.
SS.SS	+ Testicule.	SS	SS	$S + (M)$	Bélier sans cornes homozygote.
	+ Ovaire...	SS	SS	S	Brebis sans cornes homozygote.

Notre théorie se trouve ainsi en complet accord avec les résultats expérimentaux. Elle explique de même et d'une façon aussi simple les résultats

(¹) C'est ici surtout que notre interprétation diffère de celle de T.-H. Morgan qui attribue la même valence au caractère cornes mâles Dorset et cornes neutres Dorset.

obtenus en croisant avec des sujets de race pure les mâles et femelles hétérozygotes des générations F_1 et F_2.

Conclusion. — L'introduction de la *forme neutre* et de l'*hormone testiculaire* dans l'analyse génétique du croisement Dorset × Suffolk conduit à une interprétation claire relativement à des faits que l'on considérait jusqu'ici comme inextricables. Cette nouvelle manière de voir met en lumière le rapport étroit existant entre les déterminants mendéliens et les hormones sexuelles. En tout cas, nous devons en conclure qu'il n'y a pas de différence fondamentale entre l'hérédité sex-linked (Dorset hétérozygote) et l'hérédité sex-limited (Dorset pur).

EMBRYOGÉNIE. — *Maturation* in vitro *et activation des œufs de la cavité générale et des conduits chez* Rana fusca. Note de M. **H. Barthélemy**, présentée par M. Henneguy.

Les remarquables travaux cytologiques et les observations répétées de Carnoy et Lebrun, confirmés par E. Bataillon, ont établi que chez la Grenouille rousse (*Rana fusca*) la membrane de la vésicule germinative disparaît au moment de la déhiscence de l'œuf. Le passage des œufs dans la cavité générale, puis dans l'oviducte pour aboutir dans l'utérus, s'opère relativement vite : en moins de 2 heures. « Le premier globule polaire s'expulse pendant ce trajet. » Après 18 à 24 heures de séjour dans les dilatations utérines où ils peuvent terminer leur maturation, la deuxième figure polaire se « figeant en métaphase », les œufs entourés de gangue sont rejetés au dehors et fécondés. Pour Bataillon, « l'œuf au cours de sa maturation subit des variations de pression osmotique et de turgescence ». Lebrun suppose qu'une action déshydratante de la « substance muqueuse sécrétée par l'oviducte » provoque les cinèses sexuelles. Par ailleurs, l'un et l'autre se demandent si dans la maturation de l'œuf « les conditions de nutrition défavorables (état semi-asphyxique) n'auraient pas quelques rapports avec le changement physique du milieu intérieur ».

Il nous a paru intéressant de tenter l'étude du déterminisme de la maturation en essayant de la provoquer *in vitro*. Est-elle due aux conditions asphyxiques du milieu intérieur de l'animal et à un état spécial de turgescence de l'œuf?

On sait que les « œufs nus » d'Amphibiens : œufs utérins dégangués par le KCN (méthode de Bataillon) et les œufs de la cavité générale ne se laissent pas imprégner et féconder par le sperme de l'espèce. E. Bataillon a montré que les « œufs au cya-

nure » (œufs dégangués par le KCN) peuvent être simplement activés par l'électricité, la piqûre ou la cautérisation, mais que l'embryogenèse ne s'obtient que par l'introduction dans l'œuf, à l'aide du stylet, d'éléments vivants tels que leucocytes ou spermatozoïdes. Nos procédés de constatation de la maturité des œufs sont la fécondation ou la piqûre pour les œufs des conduits, la piqûre au sperme ou au sang frais pour les œufs de la cavité générale. Les opérations sont effectuées à la température de 18°-20° ou à 7°-10°; les œufs utérins et ceux de l'oviducte sont abandonnés en chambre humide, ceux de la cavité générale immergés pendant des temps variables dans le sérum ou le caillot de sang de Grenouille, dans l'eau distillée ou l'eau ordinaire aérées, dans des solutions aérées de NaCl à 3, 4, 7, 10 pour 1000 dans l'eau distillée, dans ces mêmes solutions légèrement alcalinisées, acidifiées ou additionnées de quantités minimes de KCN, dans des solutions de NaCl de même concentration privées d'oxygène par un dispositif au pyrogallate de potassium.

Il est indispensable de bien sérier les cas et de préciser le point de départ.

I. Tous les œufs sont déhiscés : une centaine environ sont dans la cavité générale, le plus grand nombre dans les oviductes et les utérus.

Traités de suite, ceux de la cavité générale par piqûre au sperme ou au sang, nous fécondons ceux des conduits : tous sont activés, se segmentent plus ou moins régulièrement et les utérins fournissent les anomalies classiques des œufs immatures déjà signalées par Bataillon. Mais les mêmes œufs utérins vierges, ayant séjourné au laboratoire 24 heures à l'air humide puis fécondés, donnent à peu près uniquement des ébauches normales.

II. Les œufs sont peu nombreux dans les utérus (une centaine au plus dans chaque dilatation utérine), la majeure partie est dans la cavité générale et les oviductes. Piqués ou fécondés, ni les uns ni les autres ne fournissent d'embryons. Pourtant les œufs utérins ont réagi : les fécondés se sont orientés sans se segmenter, les piqués au sperme ont montré quelques sillons abortifs. Aucun sillon visible sur les œufs de la cavité générale piqués au sperme.

Bien que l'étude cytologique de ces œufs utérins fécondés ou piqués n'ait pas été faite, il est très vraisemblable que l'on se trouvait en présence d'une polyspermie très intense. Tous ces œufs des conduits et de la cavité générale sont donc immatures. Après une vingtaine d'heures de séjour en chambre humide à la température du laboratoire, la fécondation des œufs utérins donne une embryogenèse à peu près normale, et au bout du même laps de temps, les œufs de la cavité générale, immergés dans la solution de NaCl à 7 pour 1000 dans l'eau distillée aérée, fournissent de magnifiques

segmentations après piqûre au sang ou au sperme. La maturation s'est donc effectuée *in vitro*.

III. Les œufs sont presque tous dans la cavité générale, quelques-uns adhèrent aux ovaires, les conduits n'en contiennent pas. C'est le cas le plus intéressant. Au début de l'expérience, ni la fécondation, ni la piqûre au sperme ou au sang ne provoquent le moindre sillon. Après 20 à 30 heures de traitement dans les solutions appropriées, l'activation et les segmentations sont obtenues par la piqûre au sperme ou au sang.

Résultats généraux. — Dans tous les cas (nos recherches ont porté sur une vingtaine de Grenouilles pendant trois printemps successifs), après 20 à 30 heures à la température du laboratoire, la maturation *in vitro* a été obtenue, permettant soit la fécondation et le développement normal pour les œufs des conduits, soit l'activation puis la segmentation par la piqûre au sperme ou au sang pour les œufs de la cavité générale. Pour les œufs des conduits, la maturation s'est effectuée simplement dans l'air humide. Pour les œufs de la cavité générale, seulement après immersion soit dans le sérum aéré de Grenouille, soit dans les solutions aérées de NaCl à 7 pour 1000 dans l'eau distillée, telles quelles ou alcalinisées à NaOH $\frac{n}{200\,000}$.

L'immersion dans l'eau distillée ou l'eau ordinaire même aérées dans des solutions de NaCl à 3, 4, 10 pour 1000 aérées ou non, dans NaCl à 7 pour 1000 privé d'O., ou acidifié même à CH^3COOH à $\frac{n}{300\,000}$, ou additionné de KCN à $\frac{n}{130\,000}$, n'a permis de constater expérimentalement à aucun moment la maturation des œufs.

Remarquons les faits suivants: *a*. Dans les solutions de NaCl à 7 pour 1000 additionnées de $\frac{n}{325\,000}$ de KCN, de même que dans le caillot sanguin, la maturation est retardée (ralentissement des oxydations); *b*. Pour les températures de 8° à 10°, la maturation des œufs de la cavité générale dans le sérum ou le NaCl à 7 pour 1000 aérés demande sensiblement deux fois plus de temps qu'à 18°-20°.

Conclusions. — 1° La maturation des œufs utérins et de la cavité générale se fait *in vitro* en présence d'oxygène : les conditions asphyxiques ou semi-asphyxiques ou l'abaissement de température l'empêchent ou la retardent; 2° la maturation des œufs de la cavité générale peut se faire *in vitro* en milieu isotonique dans le sérum sanguin aéré de Grenouille ou dans les solutions aérées de NaCl à 7 pour 1000 dans l'eau distillée; les solutions

hypertoniques ou hypotoniques ne la provoquent pas; 3° les œufs d'une même Grenouille en déhiscence (cavité générale et conduits) sont sensiblement au même stade de développement (vérification expérimentale de faits signalés par les études cytologiques de Bataillon); 4° *in vitro* la maturation par nos réactifs et pour une même température se produit à peu près dans les mêmes délais que ceux signalés pour l'évolution *in vivo* par H. Lebrun.

PHYSIOLOGIE. — *Pression osmotique du sang de l'Anguille « essuyée » en fonction des modifications de salinité du milieu extérieur.* Note de MM. **Paul Portier** et **Marcel Duval**, présentée par M. Joubin.

Dans une Communication antérieure ([1]) nous avons étudié comment variait la pression osmotique du sang de l'anguille en fonction de la salinité du milieu extérieur.

Le principal résultat qui se dégage de cette étude est le suivant : chez ce poisson adapté aux changements de salinité, la pression osmotique du milieu interne varie relativemeut peu avec les changements du milieu externe; elle est représentée par une droite peu inclinée sur l'axe des abscisses.

D'autre part, Paul Bert ([2]) a montré que l'anguille « essuyée » ne supporte plus comme l'anguille normale le passage de l'eau douce dans l'eau de mer; elle meurt rapidement sous l'influence de ce changement brusque de salinité.

Nous avons donc été amenés à compléter notre étude en nous plaçant dans ces conditions nouvelles.

Des anguilles sont soigneusement essuyées avec un torchon, puis placées, soit dans dix litres d'eau ordinaire, soit dans la même quantité d'eau additionnée de poids variables de chlorure de sodium.

Les poissons restent 3 heures dans la solution, mais tous les trois quarts d'heure, on les en retire, on les essuie avec soin, puis on les replace dans la solution.

Les résultats obtenus sont résumés dans le Tableau ci-après :

([1]) *Comptes rendus*, t. 175, 1922, p. 324.

([2]) Regnard, *La vie dans les eaux*, p. 438. Paris, Masson, 1891.

Point de congélation			
de l'eau ambiante.	du sérum de l'anguille « essuyée ».	du sérum de l'anguille normale « non essuyée ».	Différence entre les deux points de congélation.
°	°	°	°
—0,02	—0,60	—0,63	—0,03
—0,31	—0,62	—0,65	—0,03
—0,56	—0,73	—0,67	+0,06
—0,68	—0,76	—0,68	+0,08
—0,83	—0,79	—0,69	+0,10
—1,08	—0,98	—0,70	+0,28
—1,13	—0,93	—0,71	+0,22
—1,16	—0,94	—0,71	+0,23
—1,57	—1,21	—0,74	+0,47
—2,10	—1,10	—0,79	+0;31

On voit que la privation du mucus des téguments détruit une des barrières les plus efficaces qui s'opposent aux échanges entre le milieu externe et le milieu interne.

Dans l'eau douce, la pression osmotique est légèrement inférieure à celle de l'anguille normale.

Mais, dès qu'on atteint une pression osmotique représentée par — 0°,56, la pression osmotique du sang de l'anguille essuyée est toujours supérieure à celle de l'anguille normale placée dans les mêmes conditions.

La pression osmotique de l'anguille essuyée est donc représentée par une courbe située au-dessus de celle de l'anguille normale et qui, d'une manière générale, s'écarte d'autant plus de cette dernière que la salinité du milieu extérieur est plus forte ([1]).

En résumé, le mucus abondamment sécrété à la surface de la peau de l'anguille, joue un rôle très efficace dans l'isolement du milieu interne. La suppression, même incomplète, de ce mécanisme de protection de l'épithélium des téguments, amène dans les échanges des modifications qui expliquent bien les résultats signalés autrefois par Paul Bert.

([1]) Les quelques irrégularités dans la série des chiffres obtenus tiennent, sans doute, à ce que le mucus des différentes anguilles est enlevé par l'essuyage d'une manière inégale.

ZOOLOGIE. — *Sur la prévisibilité de la valeur de la pêche du hareng en hiver.* Note de M. **Ed. Le Danois**, présentée par M. L. Joubin.

Au cours d'une récente Communication, j'ai expliqué comment de nombreuses observations me portaient à substituer à l'hypothèse de branches multiples du courant nommé Gulf Stream, venant baigner les côtes européennes, un système de transgressions chaudes, dues à la dilatation estivale des eaux équatoriales, ou atlantiques vraies.

Les conséquences de cette explication sont nombreuses dans le domaine biologique.

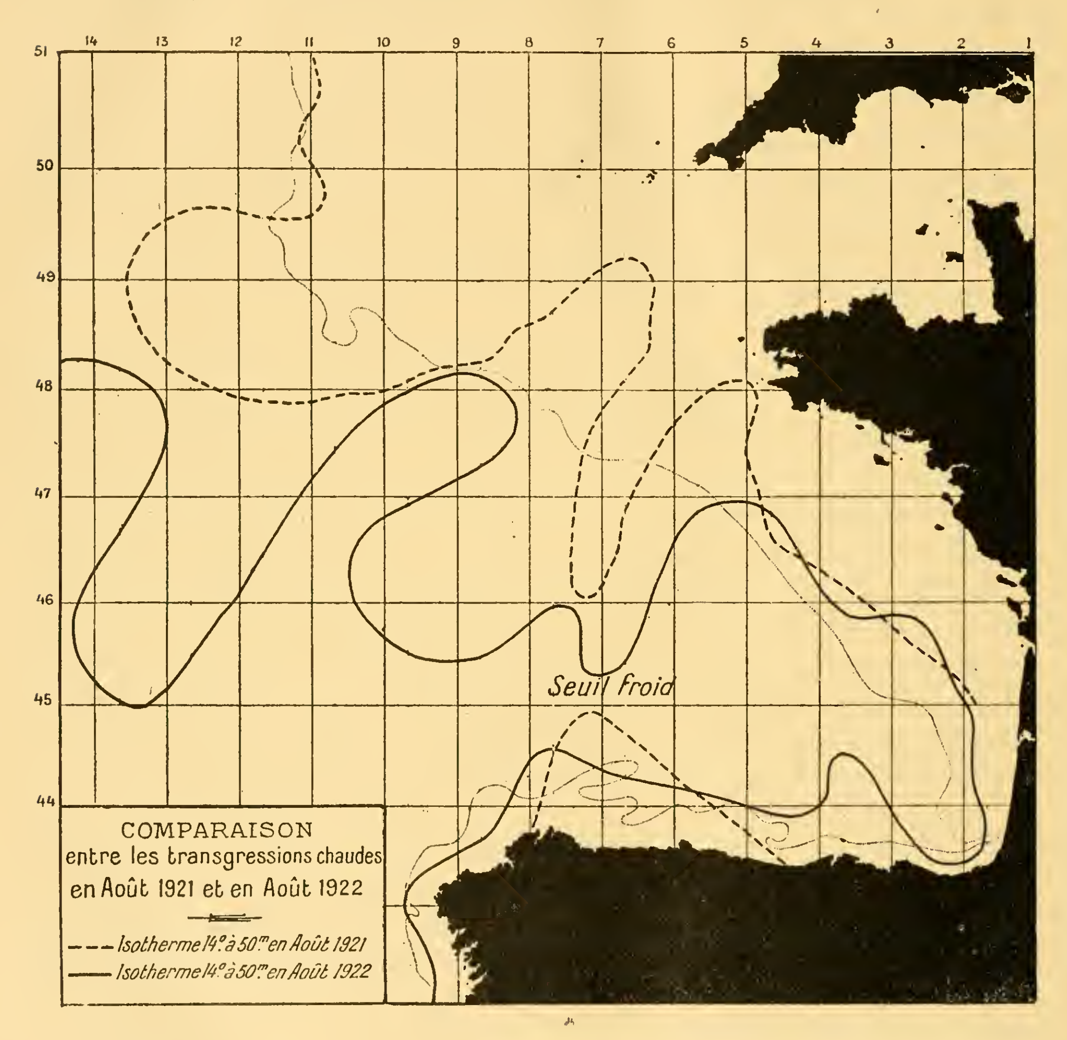
Pour le thon blanc ou germon, j'ai pu prouver, l'année dernière, que les mouvements de ce poisson étaient étroitement liés au déplacement de nappes d'eau chaude, dont la température, à 50^{m} de profondeur, était supérieure à 14°.

Une nouvelle croisière du chalutier *Tanche*, commandée par le capitaine Rallier du Baty, m'a permis, cette année, de confirmer mes observations précédentes et de constater que la position de l'isotherme 14° à 50^{m}, était sensiblement la même qu'en 1921, dans sa forme générale, mais que cependant *son extension était moindre*, excepté dans le fond du Golfe de Gascogne; cet isotherme n'empiétait en aucun point sur le plateau continental, à l'inverse de l'année précédente. Le croquis annexé montre la variation de cette ligne en 1921 et en 1922, pendant le mois d'août.

L'année dernière fut particulièrement mauvaise pour la pêche du hareng en mer du Nord. Les travaux du Dr Bowman en Écosse, du Dr Russell en Angleterre et quelques remarques faites par moi-même, montrèrent que cette pénurie de hareng était due à une entrée exceptionnelle des eaux atlantiques en mer du Nord. Cet afflux d'eaux chaudes et salées avait changé les conditions habituelles de la biologie du hareng et avait eu sa répercussion sur la pêche.

En nous basant sur notre théorie des transgressions chaudes, nous sommes arrivés à penser logiquement qu'il y avait *corrélation* sur les différents points du plateau continental européen, entre les valeurs de leurs extensions : l'exceptionnelle transgression d'août 1921 avait correspondu à une transgression inaccoutumée en mer du Nord.

Il était donc probable que la valeur moindre des nappes chaudes en 1922 serait représentée par un afflux moindre en mer du Nord des eaux atlantiques et le hareng, de ce fait, se trouverait dans ses conditions biologiques habituelles, et abonderait cet hiver.



Les événements viennent de nous donner raison, sous forme d'une pêche remarquablement abondante de nos harenguiers.

Nous en concluons à la possibilité de prévoir, par l'étude des transgressions chaudes dans le golfe de Gascogne au mois d'août, ce que sera, l'hiver suivant, la pêche du hareng en mer du Nord.

ZOOLOGIE. — *Sur l'œcologie de l'Esturgeon* (Acipenser sturio *L.*) *dans les régions atlantiques de notre pays.* Note de M. Louis Roule, présentée par M. L. Joubin.

La distribution géographique actuelle de cette espèce, dont j'ai étudié récemment la migration génétique et l'alevinage, donne lieu à diverses considérations générales de Biogéographie, qui touchent aux questions concernant les faunes fluviales de notre pays.

Acipenser sturio L., si l'on en juge d'après les récits de pêche datant des siècles précédents, était autrefois, dans tous nos grands fleuves, une espèce répandue et abondante. Son peuplement d'ensemble était uniforme et régulier. Les individus génétiques effectuaient chaque année leur migration de montée pour pondre; après quoi les alevins produits descendaient à l'océan Atlantique, à la Manche et à la mer du Nord, pour y effectuer leur vie de croissance.

Les circonstances sont différentes aujourd'hui. Certains bassins fluviaux, ceux du Rhin et de la Seine, n'offrent plus de montée régulière. D'autres, comme celui de la Loire, montrent seulement quelques individus à titre accidentel. Il n'est d'exception que pour le bassin girondin, où la Garonne et la Dordogne continuent à être remontées avec régularité, chaque année, par des migrateurs génétiques assez nombreux, dont les alevins descendent à la mer pour accomplir le début de leur vie de croissance dans les zones littorales du golfe de Gascogne, ou dans les estuaires des fleuves qui s'y rendent. Après quoi ils se dirigent vers les zones profondes du plateau continental, d'où plusieurs essaiment vers la Manche et les régions britanniques. Ils ne viennent que plus tard aux eaux douces, sous l'état de génétiques adultes.

En définitive, l'Esturgeon du versant atlantique est devenu une espèce rélicte. Elle ne forme plus actuellement qu'une colonie, au sens biogéographique du mot, cantonnée dans le bassin girondin pour la partie potamique et dans le golfe de Gascogne pour la partie thalassique. Ailleurs, le peuplement est clairsemé et accidentel.

L'importance de cette colonie girondine dans la conservation de l'espèce est considérable. L'aire ainsi occupée représente un centre permanent d'expansion, d'où partent des individus qui pourraient repeupler d'eux-mêmes les régions avoisinantes si les circonstances défavorables cessaient

de s'y manifester. Cette aire persiste actuellement par ses propres moyens, en raison des facilités qu'elle procure à la ponte. C'est grâce à son existence que l'espèce n'a point disparu du Sud-Ouest comme elle l'a fait ailleurs.

Les conséquences de cette donnée sont intéressantes. En ce qui concerne l'Esturgeon, on voit que l'espèce pourra être conservée si l'on prend des mesures efficaces de protection à l'égard de cette colonie pouvant servir de centre de peuplement. En ce qui concerne les autres poissons migrateurs potamotoques, comme le Saumon et l'Alose, on voit aussi que le repeuplement naturel aura des chances efficaces d'aboutir si on lui donne pour bases l'établissement de colonies similaires. Enfin, au sujet de la Biogéographie, il importera d'envisager la notion des colonies, non seulement dans l'espace comme situation locale et comme dénombrement d'individus, mais encore dans le temps comme possibilité de centres génétiques permanents.

Restent à rechercher et à connaître les conditions favorables à la formation ainsi qu'au maintien de ces colonies. C'est une étude à laquelle je compte me livrer pour notre espèce d'Esturgeon et pour nos autres poissons migrateurs.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Synthèse biochimique d'un d-mannoside α à partir de mannanes.* Note de M. H. **Hérissey**, présentée par M. L. Guignard.

J'ai préparé antérieurement, par voie biochimique, le méthyl-*d*-mannoside α, en utilisant, comme agent de synthèse, un enzyme approprié, en l'espèce la *d-mannosidase* α, contenue dans la poudre de graine de luzerne germée et séchée ([1]). La réaction synthétisante s'effectue facilement dans un milieu aqueux contenant sensiblement, pour 100^{cm^3}, 1^g de mannose et 10^g d'alcool méthylique. D'ailleurs, la poudre fermentaire obtenue avec la graine de luzerne germée ne contient pas que de la *d*-mannosidase α; celle-ci y est accompagnée d'un grand nombre d'autres enzymes, parmi lesquels il faut tout particulièrement envisager l'ensemble de ferments solubles désigné sous le nom de *séminase*, qui détermine la transformation des hydrates de carbone de réserve de l'albumen corné des Légumineuses en sucres assimilables ([2]).

([1]) *Comptes rendus*, t. 173, 1921, p. 1406.

([2]) *Comptes rendus*, t. 130, 1900, p. 340.

Des données qui précèdent, j'ai présumé qu'il devait être possible, sans partir du *d*-mannose lui-même, d'obtenir biochimiquement des *d*-mannosides, en utilisant directement des hydrates de carbone fournissant eux-mêmes du mannose à l'hydrolyse, c'est-à-dire des mannanes; il apparaissait qu'il suffirait de faire agir sur ces mannanes la poudre de luzerne germée, dans un milieu contenant l'alcool à glucosidifier, pour aboutir à la formation du *d*-mannoside correspondant. En fait, l'expérience réalisée en présence d'alcool méthylique a conduit à la synthèse biochimique du méthyl-*d*-mannoside α. Il n'a même pas été nécessaire de préparer les mannanes elles-mêmes; il a suffi de prendre comme matière première une graine de Légumineuse riche en mannanes, la graine de Caroubier [1].

On a préparé, avec 496^{cm^3} d'alcool méthylique à 99^c et de l'eau distillée en quantité suffisante pour faire 4000^{cm^3}, une solution contenant sensiblement pour 100, en poids, 10 parties d'acide méthylique; on a ajouté à ce liquide 500^g de semences de caroubier moulues, 110^g de poudre de luzerne germée et séchée, et, pour éviter toute intervention des micro-organismes, 40^{cm^3} de toluène.

Le mélange, agité fréquemment, a été abandonné à la température du laboratoire pendant 80 jours. A ce moment, après avoir été d'abord presque solide, par suite du gonflement de l'albumen des graines, puis très visqueux, il était devenu tout à fait fluide et facilement filtrable. On a cherché alors à extraire du liquide filtré le méthyl-*d*-mannoside α, dont la formation devait avoir été réalisée par action successive de la séminase et de la *d*-mannosidase α contenues dans la poudre de graine de luzerne, le premier ferment ayant agi par hydrolyse sur les mannanes du caroubier pour les transformer en mannose, le second ayant combiné à l'alcool méthylique présent dans le mélange une partie du mannose ainsi produit. Cette extraction, dont les détails ne peuvent trouver place ici, a conduit à l'obtention de plusieurs grammes d'un produit cristallisé présentant les propriétés suivantes:

Il fondait à 193°; il possédait un pouvoir rotatoire : $[\alpha]_D = +79°,6$ ($v = 15^{cm^3}$, $l = 2$, $p = 0,3297$, $\alpha = +3°30'$). Sa solution aqueuse ne réduisait pas la liqueur cupro-potassique et ne donnait aucun précipité à froid avec l'acétate de phénylhydrazine; elle devenait réductrice après action des acides minéraux étendus et bouillants, et, après neutralisation, donnait alors avec la phénylhydrazine un précipité de mannose-hydrazone. Le corps obtenu était donc bien le méthyl-*d*-mannoside α. Il y a lieu de remarquer que, malgré la complexité extrême du milieu dans lequel s'est effectuée la synthèse, ce mannoside a été cependant extrait à très grand état de pureté, ainsi qu'en témoigne en particulier la valeur trouvée pour le pouvoir rotatoire.

Il est facile de concevoir l'intérêt que peut présenter en de nombreuses circonstances l'emploi de méthodes de synthèse biochimique, analogues à

[1] *Comptes rendus*, t. 129, 1899, p. 228.

celle qui vient d'être rapportée, consistant à partir non des sucres eux-mêmes, mais de leurs produits de condensation, et mettant en jeu, dans le même milieu, l'activité de plusieurs enzymes de spécificité convenablement choisie. On peut prévoir, par exemple, la formation de *d*-glucosides α à partir de l'amidon, par action successive de l'amylase, de la maltase et de la *d* glucoside α, en milieu alcoolique approprié à l'action de ces ferments. Il semble même que certaines synthèses biochimiques seraient facilitées et d'autres rendues possibles par un tel procédé, du fait que le sucre produit par hydrolyse peut se trouver, au moment même de sa mise en liberté, sous une structure chimique différente de celle qu'on obtient par la dissolution du même sucre pris à l'état cristallisé. A ce point de vue, il ne serait pas déraisonnable de tenter la synthèse biochimique du saccharose en mettant à profit l'action de l'inulase sur l'inuline en présence de glucose en excès et d'invertine : le lévulose contenu dans la molécule de l'inuline se présente, en effet, d'après Irvine et Steele, sous la forme d'un sucre oxyde d'éthylène, qui est précisément celle que Haworth attribue au lévulose présent dans le saccharose, tandis que, d'après ce dernier auteur, le lévulose ordinaire, cristallisé, présenterait une structure différente, celle d'un sucre oxyde de butylène.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Identité de composition des organismes de même espèce lors de la mort par inanition.* Note de MM. **Émile-F. Terroine**, **E. Brenckmann** et **A. Feuerbach**, présentée par M. Henneguy.

De nombreuses déterminations ont permis d'établir que la teneur en graisse d'un organisme, au moment de la mort par inanition, était identique pour tous les individus d'une même espèce. Cette valeur constitue donc un véritable test biochimique de l'inanition [Terroine (1); Terroine et Barthélemy (2)].

Par ailleurs, malgré le nombre très restreint des données relatives à la composition des organismes inanitiés, on a pu acquérir la certitude que des substances autres que les corps gras variaient également au cours de l'inanition (Boghtlingk) (3).

(1) *Ann. Sc. Nat. Zool.*, 10e série, t. 4, 1919, p. 1-397.
(2) *Arch. Int. Physiol.*, t. 19, 1922, p. 88-102.
(3) *Arch. Sc. biol. Saint-Pétersbourg*, t. 5, 1896, p. 387-408.

Il nous a paru qu'il y avait intérêt à rechercher si les différences de composition qui séparent entre eux les sujets normaux persistent encore lors de la mort par inanition ou si, au contraire, tous les composants (eau, matières protéiques, substances minérales) se comportent comme les corps gras; si leur teneur est, au moment de la mort, identique chez tous les sujets.

Dans ce but, reprenant les espèces animales utilisées dans nos recherches antérieures sur la teneur en corps gras — Souris et Veuve à collier d'or (*Vidua principalis*) — nous avons pratiqué sur un grand nombre d'individus prélevés au hasard, les uns normaux, les autres morts d'inanition, les déterminations suivantes :

1° Le résidu sec, par séjour à l'étuve à 100° jusqu'à poids constant, ce qui, par différence avec le poids frais, permet le calcul de la teneur en eau;

2° La teneur en azote total qui permet le calcul des matières protéiques avec une approximation suffisante;

3° La teneur en cendres.

Le Tableau ci-dessous résume l'ensemble des résultats expérimentaux rapportés à 100g de poids frais.

	Sujets normaux.		Sujets morts d'inanition.		
	Nombre de déterminations.	Valeurs extrêmes.	Nombre de déterminations.	Valeurs moyennes.	Valeurs extrêmes.
		Souris.			
Eau	31	60,8 à 74,7	9	76,0	75,1 à 77,3
Matières protéiques (N × 6,25)	13	16,25 à 25,0	6	18,75	17,25 à 20,3
Cendres	9	2,0 à 3,1	6	3,0	2,5 à 3,3
Substances grasses et lipoïdiques	(d'après nos recherches ant.)	2,96 à 8,75	(d'après nos recherches ant.)	2,33	2,3 à 2,47
				100,08	
		Veuves à collier d'or.			
Eau	14	58,8 à 67,1	12	69,2	67,8 à 70,04
Matières protéiques (N × 6,25)	8	21,62 à 23,87	7	24,75	22,9 à 26,25
Cendres	5	3,33 à 3,78	5	4,45	4,30 à 4,59
Substances grasses et lipoïdiques	(d'après nos recherches ant.)	4,2 à 11,2	(d'après nos recherches ant.)	2,42	2,40 à 2,52
				100,82	

Les valeurs acquises chez les sujets inanitiés sont tout à fait démonstra-

tives. Si l'on compare, pour chaque catégorie de substances, la valeur moyenne aux valeurs extrêmes, on constate que l'écart des valeurs expérimentales entre elles est extrêmement faible. Ainsi, ce n'est pas seulement la teneur en graisse qui est caractéristique de la mort par inanition, c'est la composition globale de l'organisme. Dès lors, dire d'un individu d'une espèce déterminée qu'il est mort d'inanition, c'est donner en même temps sa composition chimique.

L'examen des chiffres fait apparaître une autre conclusion également importante : si l'on compare les sujets inanitiés aux sujets normaux, on constate à côté d'une augmentation de la teneur en eau et d'une diminution de la teneur en graisses, également considérables, une très faible variation dans le sens de l'augmentation des teneurs en matières protéiques et en cendres. Cela signifie pour nous que la composition de tous les tissus, à la seule exception des tissus de réserve, n'est en rien altérée par l'inanition. Il en résulte cette conséquence d'apparence paradoxale que l'analyse d'un organisme mort d'inanition, débarrassé de cet élément contingent que constituent les réserves, nous permet une représentation beaucoup plus exacte de la composition de l'organisme normal, que l'analyse directe de cet organisme normal.

Conclusion. — *Lors de la mort par inanition tous les sujets d'une même espèce présentent une composition identique. La mort par inanition peut donc être numériquement et chimiquement définie pour une espèce donnée par la composition globale de l'organisme (eau, matières protéiques, substances grasses, substances minérales), composition qui constitue une constante biochimique pour l'espèce considérée.*

PHYSIOLOGIE PATHOLOGIQUE. — *Du rôle des ferments oxydants dans la production de la fièvre et des inflammations.* Note de M. G. **Marinesco**, présentée par M. Charles Richet.

Il est admis actuellement que la fièvre est un trouble thermo-régulateur accompagné d'une hyperthermogénèse. Le siège principal de cette hyperthermogénèse est placé ou bien dans les muscles ou bien dans le sang. Mais les observations topographiques de d'Arsonval et de Charrin, appuyées encore par les observations de Lépine, Krehl, Lefèvre, etc., tendent à prouver que la région hépatique est le foyer essentiel de la chaleur chez les fébricitants. Quant aux causes mêmes de la fièvre, elles se rapportent à des

agents biochimiques susceptibles de troubler la fonction thermo-régulatrice du système nerveux, dans le sens que celui-ci règle d'une façon durable la température du corps.

Nos recherches histo-pathologiques, pratiquées à l'aide de la méthode des oxydases, nous permettent de faire intervenir dans le mécanisme de la fièvre, comme d'ailleurs dans celui de la thermogénèse, l'hyperactivité des ferments oxydants. En effet, dans la plupart des maladies infectieuses et dans certaines intoxications aiguës, il y a une leucocytose qui fait son apparition avec l'invasion de la maladie et persiste jusqu'à la défervescence, comme c'est le cas pour les maladies à évolution cyclique. La leucocytose tombe avec la fièvre. Or les leucocytes sont, par excellence, des oxydasophores, c'est-à-dire des éléments chargés de ferments oxydants, et l'élévation de température est fonction de l'activité de ces ferments oxydants. Dans les maladies fébriles on trouve des oxydasophores en abondance, non seulement dans les petits vaisseaux et les capillaires périphériques, mais également dans les viscères et dans le système nerveux, soit cérébro-spinal, soit sympathique.

Après la section du sympathique cervical, sur le lapin, on trouve dans les vaisseaux dilatés un grand nombre de leucocytes. Dans la fièvre consécutive aux lésions du cerveau (hémorragies, ramollissements) il y a une forte leucocytose dans le sang et dans les capillaires des organes où l'on voit des oxydasophores constituant des espèces de thrombus. Il ne s'agit pas tout simplement, dans la fièvre, d'un trouble du système nerveux, qui est le régulateur thermique, mais d'une multiplication plus ou moins considérable des oxydasophores, c'est-à-dire d'une hyperactivité des ferments oxydants. Les sécrétions bactériennes ne possèdent pas, en elles-mêmes, un pouvoir pyrétogène spécifique. Elles modifient l'équilibre thermique, en favorisant l'activité des organes hématopoïétiques qui engendrent un plus grand nombre d'oxydasophores. La plupart des maladies inflammatoires s'accompagnent de fièvre ou bien d'une hyperthermie locale. Or, toutes ces maladies inflammatoires présentent des réactions locales et générales, caractérisées par la présence ou l'augmentation du nombre des oxydasophores. Comme exemple on peut citer les lésions de deux maladies fébriles : la pneumonie et la rage. Dans la première les alvéoles pulmonaires sont envahies par des leucocytes contenant des oxydases et sur le trajet des fibrilles de fibrine on voit également des oxydases. Lorsqu'on examine les ganglions spinaux et sympathiques d'un sujet mort de rage — maladie s'accompagnant d'une forte hyperthermie — on voit qu'autour du corps du

neurone et entre les fibres nerveuses il y a un nombre considérable de cellules remplies d'oxydases. Des oxydasophores existent aussi dans l'intérieur des petits vaisseaux et des capillaires, de sorte que, sur la coupe transversale des petits vaisseaux, la lumière est oblitérée par les oxydasophores, qui se réunissent parfois en petits amas dans le parenchyme.

A la périphérie des certains oxydasophores, on aperçoit des granulations d'oxydases qui donnent à ces cellules l'aspect étoilé; on a même l'impression que les granulations d'oxydases sont même mises en liberté par suite d'une modification de la tension superficielle des oxydasophores.

Les oxydasophores nous apparaissent comme des glandes qui sécrètent des ferments oxydants nécessaires à l'énergie développée pendant l'inflammation. On peut dire qu'en général il y a un rapport intime entre l'intensité de l'inflammation et le nombre des oxydasophores, c'est-à-dire la quantité de ferments oxydants qu'ils contiennent.

Tout en reconnaissant que le système nerveux joue un rôle thermorégulateur, il faut admettre d'autre part que, dans la fièvre comme dans l'inflammation, l'augmentation de la température normale et les réactions cellulaires sont en relation intime avec l'activité des ferments oxydants.

M. **Paul van Oye** adresse une Note intitulée : *Sur les rapports qui existent entre la biologie des eaux douces et l'écologie générale.*

MM. **René Faure** et **Gabriel Bourrely** adressent une Note intitulée : *Nouvel emploi du système multitubulaire pour le chauffage des appartements.*

A 16 heures et quart, l'Académie se forme en Comité secret.

La séance est levée à 17 heures.

É. P.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 4 DÉCEMBRE 1922.

PRÉSIDENCE DE M. ÉMILE BERTIN.

RENOUVELLEMENT ANNUEL

DU BUREAU ET DES COMMISSIONS ADMINISTRATIVES.

Par l'unanimité de 56 votants, M. **Guillaume Bigourdan** est élu Vice-Président pour l'année 1923.

Il est procédé à l'élection des Membres des Commissions administratives.

Le nombre de votants étant de 54, ont obtenu :

M. Paul Appell.......... 53 suffrages
M. Léon Guignard...... 54 »

En conséquence MM. **Paul Appell** et **Léon Guignard** sont proclamés Membres des Commissions administratives pour 1923.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

ASTRONOMIE. — *Sur l'Observatoire de Paris, à l'occasion du 250e anniversaire de sa construction.* Note (1) de M. G. **Bigourdan**.

Après avoir fondé l'Académie des Sciences en 1666, Louis XIV et Colbert, répondant aux vœux des Astronomes, ordonnèrent la construction

(1) Séance du 27 novembre 1922.

d'un Observatoire; et il ne fut d'abord qu'une dépendance de l'Académie, car il était uniquement destiné aux Académiciens. Pour la grandeur, la beauté et la commodité, on projetait de surpasser tout ce qui avait été fait jusqu'alors dans ce genre. C'est ainsi que les fondations de l'Observatoire de Paris furent jetées au solstice d'été 1667 et que le gros œuvre du bâtiment fut terminé dans le cours de 1672. Pour commémorer cet anniversaire, je voudrais rappeler succinctement les principaux travaux que firent à l'Observatoire nos devanciers dans le cours du premier demi-siècle.

Dès l'origine, deux écoles s'y trouvent en présence : celle de Picard, tournée surtout vers l'étude des mouvements, des déterminations précises de positions, — et celle de Cassini I, portée presque uniquement vers l'astronomie d'exploration, d'étude des surfaces planétaires : cette dernière école, plus brillante, l'emporta aussitôt; et c'est ce qu'ont regretté d'excellents juges. Cependant l'astronomie de position ne fut pas complètement sacrifiée; par exemple nulle part on ne suivit avec plus d'assiduité les mouvements des comètes; et la tradition s'en est perpétuée, de sorte que sous ce rapport aucun pays ne peut encore réclamer une meilleure place que la France. Au début, on observa fréquemment aussi les taches du Soleil.

Le point de vue utilitaire, représenté surtout par les déterminations de *longitudes* et de *latitudes*, ne fut pas plus oublié : aucun autre observatoire ne suivit plus régulièrement les éclipses de Soleil et de Lune, les occultations, et surtout les éclipses des satellites de Jupiter.

Une courte Note, telle que celle-ci, ne pourrait comporter que quelques généralités; il a paru préférable de rappeler surtout des faits et des dates, mais de la manière la plus succincte ([1]).

Pour faciliter les rapprochements, j'indique parallèlement les grands faits astronomiques contemporains, mentionnés dans trois colonnes verticales

---

([1]) *Abréviations employées.* — Le Soleil, la Lune, les planètes, les comètes et les étoiles sont généralement désignés par les abréviations habituelles : ☉, ☾, pl. (☿, ♀, ..), ☄, ⋆. De même, ω et Π désignent l'obliquité de l'écliptique et la parallaxe.

Les noms d'astronomes, qui reviennent le plus souvent, sont aussi donnés en abrégé de cette manière :

Cass. I, — *Cass. II*, — *Cass. III* et *Cass. IV* désignent respectivement J.-D. Cassini (1625-1712), Jacques Cassini (1677-1756), Cassini de Thury (1714-1784), le comte de Cassini (1748-1845). — *Lah. I* et *Lah. II* désignent de même Philippe de La Hire (1640-1718) et Gabriel-Philippe de La Hire (1677-1719). — *Mar. I*, — *Mar. II* et

(I, II, III), dont la première (I) concerne l'Observatoire, une autre (III) les faits de l'étranger, enfin celle du milieu (II) les travaux astronomiques français exécutés en dehors de l'Observatoire [1].

Je ne mentionne pas les observations d'éclipses (☉, ☾, pl, ⋆, Sat. de ♃) qui, on l'a vu, seraient à citer constamment. Pour les comètes, je rappelle seulement les découvertes qui ont été faites en France; mais je mentionne les fondations d'Observatoires : parmi ceux qui existent en Europe, celui de Copenhague (Tour) est seul antérieur à l'Observatoire de Paris.

	I. Observatoire.	II. Autres travaux français.	III. Synchronismes étrangers
1667.	*Juin* 21. Avec des q. de c. à pinnules, les astron. de l'Académie déterminent l'*orientation*, la *lat.*, etc.	Obs. à la Bibliothèque du Roi. — Substitution des *lunettes* aux pinnules des q. de c. — Vers cette époque Picard découvre des variations anormales des hauteurs de la Polaire.	Cass. I : rot. de ♂. — de Lubienietz : *Thea trum cometicum.*
1668.	Expériences sur les forces mouvantes. [Cass. I affilié à l'Acad.; il observe la ☄ et publie les premières *Tables* des sat. de ♃.]	Suite des obs. à la Bibliothèque : Hauteurs mérid. et diam. de ☉, ☾. — Écl. des sat. de ♃ grâce aux éphémérides de Cass. I. — Propositions pour les *longitudes* et création d'un prix de 160 000 #.	En divers lieux on re marque une lumièr dans le Zodiaque. — Hévélius : *Cometogra phia.* = *Voir* I.
1669.	L'Obs^{re} étant monté au 1er étage, Picard commence d'y tracer une méridienne. Cass. I arrive à Paris le 4 avr. Miroir de Villette.	Picard : Obs. mérid. d'étoiles en plein jour; par là (avec l'aide des horloges) il transforme complètement la méthode ancienne des dét. des Æ et crée la méthode moderne. — Commencement de la *Mesure de la Terre* (publiée en 1671).	Riccioli : *Chronologia* — W. Wing : *Ast britannica.* — Nou veaux instruments l'Obs^{re} de Pékin.
1670.	Louis XIV ordonne la construction d'un sextant de 10 pieds de rayon pour le prolongement du degré.	Picard et Cass. I : Obs. de l'⋆ de D. Anthelme. — Cass. I lit sa méth. des long. par les éclipses de ☉; il dét. encore la rot. de ♂, propose de dét. les parallaxes de ♀, ♂ et parle de son Cat. d'étoiles. — *Miroirs ardents* de glace. — G. Mouton : *Obs. diametrorum.*	Flamsteed commence se observations.

Mar. III désignent Jacques-Philippe Maraldi (1665-1729), neveu de Cassini I, Jean-Dominique Maraldi (1709-1788), neveu de Maraldi I et Maraldi III.

Voici les principales sources consultées : *Hist. de l'Acad. ... avec les Mém.;* — Lalande, *Bibliogr. astr.;* — C. Wolf, *Hist. de l'Obs.;* — les *Fastes*, mss de Cassini IV, etc. Les dates des diverses sources ne sont pas toujours d'accord, et cela est d'ailleurs inévitable quand il s'agit de travaux ou recherches de quelque durée.

(1) On a placé entre crochets [ ] certaines indications transposées de colonne.

	I. Observatoire.	II. Autres travaux français.	III. Synchronismes étrangers.
1671.	En sept. Cass. I vient habiter l'Obs^{re}, encore inachevé; il commence une description de ☾, un Cat. d'étoiles et découvre *Japet* (9e), sat. de ♄. C.-A. Couplet, concierge. *Voir* II.	On se propose de rattacher l'Obs^{re} aux anciens centres astr., Alexandrie et Uranibourg. — Voyage de Picard en Danemark (publ. en 1680) où il inaugure la méthode des *signaux de feu* pour les longit. — Colbert commande en Italie les lunettes les plus puissantes. — [A l'Obs^{re}, grave accident au q. de c. de Gosselin.]	† A. Curtius. — † Riccioli. — Disparition de l'anneau de Saturne. — Cassegrain : télescope. (Celui de J. Gregory est de 1663.)
1672.	Cass. I étudie la réfraction, croit voir le sat. de ♀ et découvre *Rhéa* (5e) sat. de ♄. — On rapporte à cette année l'*achèvement de l'Obs^{re}*, dont les travaux de détail se prolongèrent encore.	Départ de Richer pour *Cayenne* (publ. des obs. en 1679). — Retour de Picard : il apporte les manusc. des obs. de Tycho et ramène Römer qui collabore aux obs. corresp. de Richer. Pierre Borel construit de grands objectifs. — Le P. Pardies observe à Louis-le-Gr.	Newton présente son *télescope*. — Riccioli : *Geogr. et Hydrogr. reformata*. — J. Horrox : *Astr. Kepleriana*. — Leibnitz commence à Paris un séjour de 4 ans.
1673.	Picard vient habiter, avec Römer, le 2e étage de l'Obs^{re} et découvre l'aplat^t de ♃. Cass. I : sa Naturalisation; il reconnaît que *Japet* est invisib. aux élong. orient.; il installe un baromètre rectangulaire	Retour de Richer : *accourcissement* du pend. à sec.; ses obs., comparées à celles de France, permettent à Cass. I d'améliorer les *Elemens* de l'Astr. : réfraction, ω, $\Pi_{♂} = 25''\frac{1}{3}$, $\Pi_{\odot} = 9''\frac{1}{2}$. Premières obs. pour la *Mire* de Montmartre (terminée en 1683). Huyghens : *Horologium oscillatorium*.	En Angleterre, une proposition pour les *longitudes* amène la fondat. d'un observatoire. Hévélius : *Machina cælestis* part. I (la partie II parut en 1679).
1674.		Picard : Voyage en Languedoc (publ. en 1680) pour observer le passage incertain de ☿; long. lat. pend. à secondes. — Huyghens, Hooke, Hautefeuille : application du *ressort spiral* aux horloges portatives.	
1675.	Cass. I : découverte de la division de l'*anneau* de ♄.	Picard découvre le *phosphore du baromètre* et procède à des nivellements avec Römer. — Invention de *niveaux*.	Pose de la première pierre de l'Obs. de Greenwich.
1676.	Römer : Découverte de la *propagation graduelle* de la lumière: V = 48.000 lieues.	Picard : Première conj. inférieure de ♀, observée très près du Soleil. [Voyage de Halley à Ste-Hélène.]	Flamsteed s'établit à Greenwich. = *Voir* II.
1677.	Cass. I : Obs. de *taches* sur les sat. de ♃; Jovilabe. — Visite du Dauphin.	Picard fonde l'Obs. du bas de la rue des Postes; nivellements divers. — Vitesse du son. — Römer étudie la réfraction et invente une machine pour représenter les mouvements planétaires.	Argoli : *Ephemerides* (1661-1700).

	I. Observatoire.	II. Autres travaux français.	III. Synchronismes étrangers.
1678.	Cass. I, Römer : Obs. sur la rotation et l'atmosphère du premier sat. de ♃.	Picard publie le premier volume de la *Connaissance des Temps* pour l'année 1679. — Lah. I découvre la *première comète télescopique*.	Rétablissement de l'Obs. de Nuremberg.
1679.	Cass. I : Obs. d'une tache extraord. sur ♃. — Installation d'un grand mât pour lunettes.	Picard et Lah. I : Voyage sur les côtes occid. de France. Aug. Royer, *Cartes du Ciel* et nouvelles constellations.	Incendie de l'Obs[re] d'Hévélius; munificence de Louis XIV.
1680.	Cass. I : Gr. carte de ☾ et nouv. *Tables* des sat. ♃; planisphère. — Essai du miroir de Villette.	Picard et Lah. I : Voy. en Saintonge et Guyenne. — Dernière année de séjour à Paris de Römer, qui propose encore divers appareils pour représenter les mouvements des planètes.	Kirch découvre une comète qui devient t. brill.
1681.	Cass. I et Picard : Recherche de II de ☄. — Sédileau vient habiter l'Observ. — Visite de Halley.	Voy. de Varin, Deshayes et Deglos (publ. en 1684). — Picard propose une triangulation gén. pour Carte de France. — Huygens retourne en Hollande. Pour les longitudes, on distribue généreusement des lunettes à des correspondants.	G. Doerfel : *Astronomische Betrachtung*.
1682.	Cass. I : H⊙. — Lah. I vient occuper l'appart. de Picard, dont il achève de fixer le q. de c. mural. — Entrée de Pothenot. — *Voir* II.	† Picard (12 oct.). — Lah. I : Voy. en Provence. — Carte de France rectifiée. = [Avec Lah. I, les obs. météorologiques et magnétiques deviennent assez régulières. — Cette année est regardée comme celle de l'achèv[t]. complet de l'Obs. — Visite de Louis XIV, des ambassadeurs moscovites.]	Bayle : *Lettres sur la comète*.
1683.	Cass. I : Découverte de la *Lumière zodiacale;* baromètre à eau dans les caves. — Fatio de Duillier, élève (1683-1685).	Reprise des travaux de la méridienne. — On place à Marly les globes de Coronelli. — Invention du *Sidérostat* : Boffat, Perrault, etc. — † Colbert (6 sept.).	Hooke et Wren énoncent la loi de gravitation.
1684.	Cass. I : Avec un objectif de 100[pi], soutenu en haut de l'Obs., il découvre *Téthys* et *Dioné* (3[e] et 4[e] sat. de ♄). = H⊙ = 9″. *Réfraction*.	Lah. I : nivellement de l'Eure. — Suspension de la mérid. pour des travaux d'une utilité plus « prompte ». — Fond. Obs[re] de la *Trinité*, à Lyon (date incertaine).	Leibnitz : *Nova methodus pro Maximis et Minimis*.
1685.	Cass. I revoit la gr. tache de ♃ obs. en 1665. Libration de ☾. — Tour de Marly à l'Obs. = *Voir* II.	Lah. I : Suite des nivellements; pente de la Seine (10[pou] par 1000[T]). — Départ des missionnaires astron. de Siam et de Chine. [Cusset et de la Faye, collab. de Cassini.]	Hévélius : *Annus climactericus*.

	I. Observatoire.	II. Autres travaux français.	III. Synchronismes étrangers.
1686.	CASS. I : Suite des obs. de la g[de] tache de ♃. Il croit voir le sat. de ♀.	LAH. I : Expériences sur les sources de Roquencourt. — FONTENELLE : *Pluralité des mondes.*	Tous les astrologues de l'Europe annoncent une terrible conjonction de planètes.
1687.	CASS. I : Diverses dissertations. — MARALDI I arrive à l'Observatoire.	Départ de la mission spéciale de Siam. — Hartsœker présente deux *miroirs ardents* de 7 et 17 pouces. — LA LOUBÈRE rapporte les *Tables indiennes.*	NEWTON : *Principia.* — VERBIEST : *Astronomia Europæa.* † Montanari.
1688.	CASS. I : Voyage en Artois. Sur la date de Pâques, etc. = *Voir* II.	[A la demande de Louvois, SÉDILEAU commence des obs. météorol. (pluie et évaporation).] — P. GOUYE : *Observations...* — Arrivée de la mission de Chine à Pékin.	† Hévélius.
1689.	CASS. I : Sur les règles de l'*Astr. indienne.* - CASS. II réfute Flamsteed qui trouvait $\text{H}_{\text{polaire}} = 1'20''$. = *Voir* II.	[LAH. I : machine pour les éclipses ; dilatation du fer ; rapport des poids de l'air et de l'eau, etc. — SÉDILEAU : expériences sur la neige, la gelée. — Römer fonde un obs[re] en Danemark.]	*Greenwich* : grand q. de c. mural. de Sharp †Seth Ward. = *Voir* II.
1690.	CASS. I : taches et rot. de ♃ : il soupçonne l'inégalité de vitesse de rotation de ♃ *aux diverses lat. Voir* II.	[LAH. I installe un pluviomètre au sommet de la tour de l'Est, et traduit les *Pneumatiques* de Héron. — Visite de Jacques II, roi d'Angleterre. — Sédileau malade interrompt ses obs. pluviométriques.]	HÉVÉLIUS : *Prodromus...* et *Firmamentum...* — Fond. de l'Obs[re] de *Leyde.*
1691.	CASS. I : suite des obs. de ♃.	Projet de continuation de la méridienne. Eisenschmidt : *Diatribe....* — LA LOUBÈRE : *Relation de Siam.*	HALLEY propose de dét. $\text{H}_{\odot}$ par les pass. de ☿ et de ♀.
1692.	CASS. I : Obs. de ♃ ; occult. d'une ★ par un de ses sat. ; diam. de ♄. = *Voir* II.	[A l'Obs[re] : conj. inf. de ♀ ; Occult. de ♂ et son passsage par la Crèche.] — POTHENOT : son problème. — Pontchartrain demande que l'on publie mensuellement, ce qui fut fait dans le *Journal des Savants* en 1692 et 1693.	
1693.	Obs[ons] : Taches de ♃. Occult. des Pléiades. Parhélies. Réfract. de la glace.	Publication de deux grands Ouvrages : *Recueil d'observations...* et *Mém. de Math. et de Physique.* — † Sédileau.	
1694.	CASS. I : Obs. de ♃ ; le 3[e] sat. vu noir sur la planète ; influence des taches sur les passages, les occult. = *Voir* II.	[CASS. I. : Sur les conj. anc. et mod. de ☿ avec le ☉. — CASS. II : diam. de ☉. ☾ ; table pour lat. par la polaire.] — Voyage de CASS. I et CASS. II à travers la France et en Italie (1694-96). — Voy. de CHAZELLES dans le Levant.	R. NORWOOD : *Works.*

	I. Observatoire.	II. Autres travaux français.	III. Synchronismes étrangers.
1695.	Lah. I : Long. du 1er mér. — Maraldi I : sur l'★ variable 24 Cygne.		† Chr. Huyghens.
1696.	Obs. de bandes parallèles sur ♄. Couplet II à l'Obs. = *Voir* II.	[Lah. I : Ressort de l'air. Hauteur de l'atmosphère.] † Richer.	W. Whiston : *A New theory of the Earth.*
1697.	Obs. de *Mira Ceti* et de la conj. ☿—⊙. = *Voir* II.	Voyage de Couplet aux Indes occid. et de Cass. II en Hollande. [Cass. I : sur le Calendrier; sur le canon pascal de St-Hippolyte.] — Fontenelle devient Secrét. perpétuel de l'Acad. des Sc.	Wurzelbaur : *Uranies Noricæ.*
1698.	Déc. d'une ☄ ; Obs. de parhélies.	J.-B. Duhamel : *R. Scientiarum Acad. Historia.* — Lah. I : *Gnomonique.* Fond Obsre de *Sainte-Croix*, Marseille.	Huyghens : *Cosmotheoros.*
1699.	Lah. I : Première obs. mérid. de ☿.	Déc. d'une comète par le P. de Fontaney à Pékin. — Réorganisation de l'Acad. qui vient siéger au Louvre.	

ASTRONOMIE PHYSIQUE. — *Sur la mesure interférentielle des faibles diamètres.* Note de M. Maurice Hamy.

La mesure du diamètre d'une source circulaire homogène lointaine, par la méthode interférentielle dont la première idée est due à Fizeau, repose sur l'observation des franges qui se produisent au foyer d'une lunette, dirigée sur la source, et dont l'objectif est recouvert d'un écran percé de deux fentes étroites égales et parallèles. Lorsqu'on augmente graduellement, à partir de zéro, la distance des centres des fentes, la théorie et l'expérience montrent que les franges diminuent de netteté, puis disparaissent au moment où cette distance atteint une valeur critique, en rapport avec le diamètre de la source. La loi de cette disparition a été obtenue par A. Michelson, dans le cas où la largeur des fentes, considérée par rapport à leur distance, peut être regardée comme infiniment petite. Se place-t-on dans l'hypothèse contraire, la question se complique et la formule de Michelson doit, en principe, être complétée.

M'étant personnellement occupé de ce sujet (1), par une méthode approxi-

(1) *Bulletin astronomique*, juillet 1899.

mative dont les résultats ont d'ailleurs été retrouvés par H. Spencer Jones, je me propose, dans la présente Communication, d'examiner à nouveau le problème, en serrant de près la discussion, pour le traiter avec toute la précision désirable.

Appelons ε le diamètre de la source, a la largeur commune des fentes, l l'écartement de leurs centres et θ la distance angulaire, comptée parallèlement à la ligne des centres des fentes, d'un point du champ de la lunette d'observation au milieu de l'image de l'astre. J'ai établi autrefois (*loc. cit.*) que l'intensité lumineuse I, dans la direction θ, est proportionnelle à l'intégrale

$$\int_{-\frac{\varepsilon}{2}}^{+\frac{\varepsilon}{2}} \sqrt{\frac{\varepsilon^2}{4} - \omega^2} \left[\frac{\sin \frac{\pi a}{\lambda}(\omega - \theta)}{\pi \frac{a}{\lambda}(\omega - \theta)} \right]^2 \cos^2 \pi \frac{l}{\lambda}(\omega - \theta)\, d\omega.$$

Faisant

$$\omega = \frac{\varepsilon}{2} u, \qquad \theta = \frac{\varepsilon}{2} \tau, \qquad \frac{a}{l} = \alpha, \qquad m = \frac{\pi l \varepsilon}{2\lambda},$$

on peut écrire, à un facteur constant près,

$$\text{(1)} \qquad \mathrm{I} = 2 \int_{-1}^{+1} \sqrt{1 - u^2} \left[\frac{\sin m\alpha(u - \tau)}{m\alpha(u - \tau)} \right]^2 \cos^2 m(u - \tau)\, d\tau.$$

Posons

$$2m\tau = x, \qquad \mathrm{S}(m) = \frac{4}{\pi} \int_0^1 \sqrt{1 - u^2} \cos 2mu\, du,$$

$$\mathrm{T}(m) = \frac{4}{3\pi} \int_0^1 (1 - u^2)^{\frac{3}{2}} \cos 2mu\, du.$$

On trouve aisément les relations suivantes :

$$\frac{4}{\pi} \int_0^1 u^2 \sqrt{1 - u^2} \cos 2mu\, du = \mathrm{S}(m) - 3\mathrm{T}(m),$$

$$\frac{4}{\pi} \int_0^1 u \sqrt{1 - u^2} \sin 2mu\, du = 2m\mathrm{T}(m),$$

$$\frac{d\mathrm{S}}{dm} = -4m\mathrm{T}(m).$$

Les valeurs numériques des fonctions $\mathrm{S}(m)$ et $\mathrm{T}(m)$, pour diverses valeurs de m, sont fournies par le Tableau suivant :

m.	$S(m)$.	$T(m)$.	m.	$S(m)$.	$T(m)$.
0,0	1,0000	0,2500	1,0	0,5767	0,1764
0,1	0,9950	0,2492	1,1	0,5054	0,1632
0,2	0,9801	0,2467	1,2	0,4335	0,1496
0,3	0,9557	0,2426	1,3	0,3622	0,1308
0,4	0,9221	0,2369	1,4	0,2927	0,1219
0,5	0,8801	0,2298	1,5	0,2261	0,1080
0,6	0,8305	0,2213	1,6	0,1633	0,0944
0,7	0,7742	0,2116	1,7	0,1054	0,0813
0,8	0,7124	0,2008	1,8	0,0530	0,0686
0,9	0,6461	0,1890	1,9	0,0067	0,0567
1,0	0,5767	0,1764	2,0	−0,0330	0,0455
			2,1	−0,0660	0,0352

Tenant compte des formules ci-dessus, supposant α petit et négligeant α^4, on trouve, en développant I suivant les puissances de α,

$$(2)\qquad \frac{2}{\pi} I = 1 + S(m)\cos x - \frac{\alpha^2}{6}\left\{\frac{x^2}{2} + \frac{m^2}{2} + \left[\frac{S(m)}{2}x^2 + 2m^2 S(m) - 6m^2 T(m)\right]\cos x - 4m^2 T(m)\, x \sin x\right\}.$$

Dans cette expression, $S(m)$ qui est nul pour $m = m_1 = 1,916$, est positif pour $m < m_1$. Lorsque $\alpha = 0$ et $m < m_1$, I est en conséquence maximum, pour $x = 2K\pi$, et minimum, pour $x = (2K + 1)\pi$, K étant un entier quelconque. Les maxima et minima disparaissent, pour $m = m_1$, $S(m_1)$ étant nul. Une théorie plus complète montre que ces maxima et minima reparaissent à intervalles réguliers, lorsque m continue à croître en dépassant la valeur m_1, mais avec une faible visibilité. Au point de vue qui nous occupe, ce dernier phénomène ne présentant aucun intérêt, il n'en sera plus question dans la suite de ce travail. A l'instant où les franges s'évanouissent, on a la relation

$$m_1 = \frac{\pi l \varepsilon}{2\lambda} = 1,916$$

dont on tire

$$\varepsilon = 1,22\,\frac{\lambda}{l}.$$

Telle est la formule de Michelson. Il suffit de mesurer la distance l, amenant l'évanouissement des franges, pour obtenir la valeur de ε, connaissant la longueur d'onde des radiations pénétrant dans l'œil de l'observateur.

Voyons maintenant ce qui se passe lorsque α est petit et non nul. On a, d'après l'expression (2),

$$(3)\quad \frac{2}{\pi}\frac{\partial \mathrm{I}}{\partial x} = -\mathrm{S}(m)\sin x - \frac{\alpha^2}{6}\Big[x + [\mathrm{S}(m) - 4m^2\mathrm{T}(m)]\,x\cos x - \Big\{\frac{\mathrm{S}(m)}{2}x_2 + [\mathrm{S}(m) - \mathrm{T}(m)]\,2m^2\Big\}\sin x\Big].$$

On voit immédiatement que si le paramètre m a une valeur inférieure à m_1 et assez éloignée de ce nombre, pour que $\mathrm{S}(m)$ possède une valeur élevée par rapport à α^2, on voit, dis-je, que l'équation $\frac{\partial \mathrm{I}}{\partial x} = 0$ a des racines réelles voisines de $x = \mathrm{K}\pi$, K étant un entier. Seule la racine $x = 0$ est fixe. quand α et m varient; il n'en est pas de même des autres, en particulier des racines, se réduisant à $\pm\pi$ ou $\pm 2\pi$ quand α tend vers zéro. Occupons-nous d'abord de la racine $x = 0$. Dans le voisinage de cette valeur, on a

$$\frac{2}{\pi}\frac{\partial \mathrm{I}}{\partial x} = -x\Big\{\mathrm{S}(m) + \frac{\alpha^2}{6}[1 + (1 - 2m^2)\mathrm{S}(m) - 2m^2\mathrm{T}(m)]\Big\} + \frac{x^3}{6}\Big\{\mathrm{S}(m) - \frac{\alpha^2}{3}[(m^2 - 3)\mathrm{S}(m) + 5m^2\mathrm{T}(m)]\Big\} + x^5(\ldots) + \ldots.$$

Pour $m = 0$, le coefficient de x est négatif. Il reste négatif tant que m est au-dessous de la plus petite valeur positive μ qui annule ce coefficient; en conséquence, la racine simple $x = 0$ correspond alors à un maximum de I.

Le coefficient de x ne peut être nul que pour une valeur de m rendant $\mathrm{S}(m)$ de l'ordre de grandeur de α^2. Par suite : 1° μ est voisin de la racine $m = m_1$ de $\mathrm{S}(m)$; 2° négligeant α^4, on peut. pour calculer μ, remplacer m par m_1, dans le terme en α^2 du coefficient de x. On arrive ainsi à l'équation

$$\mathrm{S}(\mu) + \frac{\alpha^2}{6}[1 - 2m_1^2\mathrm{T}(m_1)] = 0.$$

Développant $\mathrm{S}(\mu)$, suivant les puissances de $\mu - m_1$, négligeant $(\mu - m_1)^2$ qui est de l'ordre de α^4 et remplaçant $\left[\frac{d\,\mathrm{S}(m)}{dm}\right]_{m=m_1}$ par sa valeur $-4m_1\mathrm{T}(m_1) = -0,0549$. on tire de cette équation

$$(4)\qquad \pi\frac{l\varepsilon}{2\lambda} = \mu = 1,916 + 0,236\,\alpha^2.$$

Telle est la condition pour que l'intensité lumineuse cesse d'être maximum, pour $x = 0$, l étant la distance des centres des fentes au moment où cette

modification se produit. On déduit de là

$$\varepsilon = \frac{\lambda}{l}(1,22 + 0,15\,\alpha^2).$$

Il importe de remarquer que, pour $m = \mu$, le coefficient de $\frac{x^3}{6}$, dans l'expression de $\frac{2}{\pi}\frac{\partial I}{\partial x}$, est négatif, quand on néglige α^4.

En effet, d'après l'équation ci-dessus, on a alors

$$S(\mu) = -\frac{\alpha^2}{6}[1 - 2m_1^2 T(m_1)]$$

et le coefficient en question a pour valeur

$$-\frac{\alpha^2}{3}[1 + 3m_1^2 T(m_1)] < 0.$$

Il s'ensuit que, pour $m < \mu$ et suffisamment voisin de μ, ce coefficient es encore négatif. Nous avons, d'ailleurs, vu que le coefficient de x est alors également négatif. Les deux racines de $\frac{\partial I}{\partial x}$ qui tendent vers zéro, lorsque m tend vers μ, sont donc imaginaires, avant que m atteigne la valeur μ. Ces racines, par suite, ne peuvent pas provenir du déplacement des racines réelles, égales à $x = \pm\pi$, pour $\alpha = 0$, lorsque α ayant une valeur petite, m croît jusqu'à μ, à moins cependant que ces racines ne soient devenues imaginaires, en rencontrant respectivement les racines réelles, primitivement égales à $\pm 2\pi$ de $\frac{\partial I}{\partial x}$, avant que m atteigne la valeur μ. Quoi qu'il en soit, au point de vue physique, cette circonstance établit que la disparition du maximum central ne provient pas de la superposition des minima qui l'enserrent avec le maximum, par suite de la mobilité de ces minima.

La formule à laquelle nous sommes arrivés ci-dessus, et qui fournit l'expression de μ en fonction de α, n'est rigoureusement applicable que si α est assez petit. On ne peut s'en servir avec sécurité, *a priori*, si α est une fraction importante de l'unité. Dans ce dernier cas, μ ne peut être obtenu que par une discussion purement numérique assez laborieuse, en cherchant la valeur de m pour laquelle $\frac{\partial^2 I}{\partial \tau^2}$ est identiquement nul pour $\tau = 0$.

On trouve d'abord aisément, en partant de l'équation (1),

$$\left(4\frac{\partial^2 I}{\partial \tau^2}\right)_{\tau=0} = 8\int_0^1 \sqrt{1-u^2}\,\frac{\partial}{\partial u^2}\left(\frac{\sin m\alpha u}{m\alpha u}\cos mu\right)^2 du,$$

puis

$$\left(4\frac{\partial^2 I}{\partial\tau^2}\right)_{\tau=0}=\int_0^1\sqrt{1-u^2}\,\frac{\partial^2}{\partial u^2}$$
$$\times\frac{2-\cos 2m(\alpha+1)u-\cos 2m(\alpha-1)u+2\cos 2mu-2\cos 2m\alpha u}{m^2\alpha^2u^2}\,du.$$

Développant les lignes trigonométriques suivant les puissances de u et appliquant la relation

$$2\int_0^1\sqrt{1-u^2}\,u^{2p}\,du=\frac{\pi}{2p+1}\,\frac{1.3\ldots\overline{2p+1}}{2.4\ldots(2p+2)},$$

l'équation $\left(\frac{\partial^2 I}{\partial\tau^2}\right)_{\tau=0}=0$ peut s'écrire

$$0=\sum_{p=0}^{p=\infty}\frac{(-1)^p}{p+1}\,\frac{m^{2p}}{(1.2\ldots p)^2}\times\frac{2-2\alpha^{2p+4}-(\alpha+1)^{2p+4}-(\alpha-1)^{2p+4}}{(2p+3)(2p+4)\alpha^2}.$$

Faisant successivement α égal à $\frac{1}{2}$, $\frac{1}{2,5}$, $\frac{1}{3}$, $\frac{1}{4}$, $\frac{1}{6}$, $\frac{1}{10}$, on a calculé la valeur de la série du second membre, en donnant à m les valeurs 1,9; 2,0; 2,1; 2,2.

Par interpolation, on a ensuite trouvé les valeurs de m rendant nulle $\left(\frac{\partial^2 I}{\partial\tau^2}\right)_{\tau=0}$, ce qui fournit la racine μ, pour les diverses valeurs de α considérées. Le Tableau suivant donne ces valeurs de μ et les valeurs correspondantes du diamètre ε, en fonction de la distance l des centres des fentes, au moment de l'évanouissement du maximum central :

α.	μ.	$\frac{\lambda}{l}\varepsilon$.
$\frac{1}{2}$	1,992	1,268
$\frac{1}{2,5}$	1,960	1,248
$\frac{1}{3}$	1,945	1,238
$\frac{1}{4}$	1,932	1,230
$\frac{1}{6}$	1,922	1,224
$\frac{1}{10}$	1,918	1,221
0	1,916	1,220

Il arrive que la formule approchée (4), exprimant μ en fonction de α^2,

donne des résultats s'accordant très bien avec les nombres exacts, inscrits dans ce Tableau, pour $\alpha \leqq \frac{1}{3}$, et très approchés, pour $\alpha > \frac{1}{3}$.

Le fait que le maximum central cesse d'être un maximum, dans des conditions indépendantes de celles qui provoquent l'évanouissement des deux minima qui l'enserrent, paraît indiquer que le changement ne correspond pas à un phénomène physique net. C'est, en effet, la disparition des bandes sombres, formées par les minima, qui frappe l'observateur, lorsque la distance des fentes et, par conséquent, le paramètre m croissent. On est donc amené à étudier les circonstances provoquant l'évanouissement des minima centraux. C'est ce que nous ferons dans une autre Communication.

SPECTROSCOPIE. — *Recherches quantitatives sur le spectre de lignes du vanadium dans les sels en fusion.* Note de M. **A. de Gramont.**

J'ai déjà fait connaître dans le tableau spécial ([1]) des raies de grande sensibilité des éléments, celles du vanadium. Il m'a semblé utile d'en développer l'étude en l'étendant aux raies susceptibles de fournir des indications utilisables pour l'analyse chimique quantitative et pour la minéralogie.

Les tableaux quantitatifs des lignes du vanadium, fondés sur le principe de la disparition successive des raies pour des teneurs décroissantes, qui sont présentés ici, ont été établis avec les mêmes méthodes et les mêmes procédés que ceux du titane ([2]), du colombium et du zirconium ([3]), du zinc ([4]) et du silicium ([5]), c'est-à-dire qu'il a été fait usage de l'étincelle condensée (capacité 0,0232 microfarad), sans ou avec self-induction, et de deux spectrographes différents : l'un à deux prismes en crown-uviol pour la région du spectre moins réfrangible que λ 3170, l'autre à un prisme Cornu en quartz, pour l'ultraviolet compris entre λ 3250 et λ 2200. La partie visible, du rouge au bleu, région plus sensible à l'observation oculaire qu'à l'enregistrement photographique sur des plaques panchromatiques, a été étudiée avec un spectroscope à vision directe à deux prismes, composés chacun de deux flints entre trois crowns.

([1]) *Comptes rendus*, t. 171, 1920, p. 1106.

([2]) *Comptes rendus*, t. 166, 1918, p. 94. Description sommaire des dispositifs.

([3]) *Comptes rendus*, t. 166, 1918, p. 365.

([4]) *Comptes rendus*, t. 170, 1920, p. 1037.

([5]) *Comptes rendus*, t. 173, 1921, p. 13.

Les Tableaux quantitatifs I et II ont été dressés avec des teneurs décroissantes de V^2O^5 dissous dans du carbonate de sodium purifié, mais donnant souvent très faiblement les raies ultimes du vanadium, groupe V, ce qui rend illusoires les évaluations inférieures au-dessous du cent-millième de vanadium.

TABLEAU I [1].

VANADIUM. — *Sensibilité oculaire au spectroscope de ses raies dans les sels en fusion.*

λ internationales.	$\frac{1}{100}$.	$\frac{5}{1000}$.	$\frac{1}{1000}$.	$\frac{5}{10000}$.
6292,82	+			
6090,22	+			
5698,54	?			
4881,57	+	+	+	
4875,49	+	+	+	
4864,75	+	+	+	
4460,29	+	+	+	
4408,50	+	+	+	?
4400,57	+	+		
4395,24	+	+		
4384,73	+	+	+	
4379,24	+	+	+	

La raie verte λ 5698,5 est difficilement visible dans le rayonnement du fort doublet, très élargi et diffus, du sodium λ {5688-5683}. La raie bleue λ 4408,5 est particulièrement vive, et c'est la plus persistante de celles du Tableau I, dont les raies bleues sont considérablement plus sensibles photographiquement, comme le montre le Tableau II.

TABLEAU II.

VANADIUM. — *Sensibilité photographique des raies dans les sels en fusion.*

λ internationales.	$\frac{1}{1000}$.	$\frac{5}{10000}$.	$\frac{1}{10000}$.	$\frac{5}{100000}$.	$\frac{1}{100000}$.	$\frac{5}{1000000}$.
4566,37	+					
4460,29	+	+	+			
4408,50	+	+	+	+	+	?
4400,57	+	+	+	+	+	
4395,24	+	+	+	+	+	?
4389,98	+	+	+	+	+	?
4384,73	+	+	+	+	+	?
4379,24	+	+	+	+	+	?

(1) J'avais, dès 1898, fait connaître la plupart des raies du Tableau I comme caractéristiques du vanadium dans les sels fondus et les minéraux (*Bull. Soc. franç. de Minéralogie*, t. 21, p. 94).

TABLEAU II (*suite*).

VANADIUM. — *Sensibilité photographique de ses raies dans les sels en fusion.*

	λ internationales.	$\frac{1}{1000}$.	$\frac{5}{10000}$.	$\frac{1}{10000}$.	$\frac{5}{100000}$.	$\frac{1}{100000}$.	$\frac{5}{1000000}$.
	4134,47.......	+	+	+			
	4131,98.......	+	+	+	+		
	4128,10.......	+	+	+	+		
	4123,59.......	+	+	+	+		
	4115,17.......	+	+	+	+		
II	4111,80.......	+	+	+	+		
	4109,78.......	+	?				
	4105,20.......	+	+	+	+		
	4099,80.......	+	+	+	+		
	4095,49.......	+					
	4092,68.......	+	+	+	+		
	4090,59.......	+	+	+			
	4035,62.......	+					
	4023,35.......	+					
	4005,73.......	+					
	3973,65.......	+					
	3909,85.......	?					
	3903,35.......	+	+				
	3878,77.......	+					
	3855,84.......	+	+				
	3840,44.......	+	+	+			
	3828,57.......	+	+				
	3745,81.......	+					
	3715,47.......	?					
	3705,04.......	+	+	+	+		
	3704,70.......	+	+	+	+		
	3695,87.......	+	+	+			
	3692,23.......	+	+	+			
	3690,28.......	+	+	+	+		
	3688,07.......	+	+	+			
	3683,12.......	+	+	+	+		
	3592,01.......	+	+	+			
	3556,80.......	+	+	+			
	3545,19.......	+	+	+			
	3520,02.......	+					
	3517,29.......	+					
	3504,43.......	?					
	3276,13.......	+	+	+	?		
III	3271,13.......	+	+	+	?		
	3267,62.......	+	+	+	?		

TABLEAU II (*suite et fin*).

VANADIUM. — *Sensibilité photographique de ses raies dans les sels en fusion.*

	λ internationales.	$\frac{1}{1000}$.	$\frac{5}{10000}$.	$\frac{1}{10000}$.	$\frac{5}{100000}$.	$\frac{1}{100000}$.	$\frac{5}{1000000}$.
	3237.88.......	?					
	3217,12.......	?					
	3212,40.......	?					
	3190,67.......	+	?				
	3188.50.......	+					
	3187,70.......	+	?				
IV	3185,40.......	+	+	+	+	?	
IV	3183,98.......	+	+	+	+	?	
IV	3183,41.......	+	+	+	+	?	
	3136,53.......	+	?				
	3134,94.......	+	?				
	3130,28.......	+	+	?			
	3126,22.......	+	+	+			
V	3118.38.......	+	+	+	+	?	?
V	3110,70.......	+	+	+	+	+	?
V	3102,29.......	+	+	+	+	+	+
V	3093,12.......	+	+	+	+	+	+
	3056,38.......	+	+	+	+		
	3053,50.......	+	+	+	+		
	3048.18.......	+					
	3033,48.......	+					
	3001,18.......	+					
	2976,49.......	+	+	+	?		
	2968,37.......	+	+	+	+		
	2944,56.......	+	?				
	2941,42.......	+	?				
VI	2924,62...... } 2924.01...... }	+	+	+	+	+	?
VI	2910,54.......	+	+	?			
VI	2908,79.......	+	+	+	+		
	2906,48.......	+					
	2893,32.......	+					
	2892,67.......	+					
	2810,26.......	+					
	2715,67.......	+					
	2700,93.......	+	+				
	2687,95.......	+	+	+	?		
	2683,14.......	+					
	2672,00.......	+					

La très grande sensibilité des raies du groupe V risque facilement d'être atténuée, par le fait qu'elles se projettent sur le fond de la première bande de la vapeur d'eau, dégradée vers le visible, et dont les arêtes principales λ{3063,8; 3067,4; 3089,4} ont leur tranchant tourné vers l'extrême ultraviolet. On peut remédier à cet inconvénient en plaçant, non point dans la flamme, mais à la pointe de celle-ci, la cuiller qui contient le sel en fusion. La raie la plus vive et la plus sensible du groupe V, λ3093,1, se trouve au voisinage immédiat de la forte raie sensible de l'aluminium λ3092,7, et le halo de celle-ci peut en rendre l'observation difficile. Pour la pratique des analyses, le groupe I, dont la sensibilité est un peu inférieure à celle du groupe V, mais cependant très grande, est d'un emploi plus commode, car il n'exige pas l'emploi de systèmes optiques en quartz, ou en crown-uviol, puisqu'il est dans la région visible, et sa structure, comme celle du groupe V, est reconnaissable au premier aspect. Comme spectre de référence pour les recherches analytiques, au lieu de morceaux de vanadium isolé entre lesquels jaillit l'étincelle, il y a avantage à prendre du carbonate de sodium en fusion, additionné de un à cinq millièmes de V^2O^5, qui laisse seulement subsister, sur le spectrogramme, les groupes les plus intéressants, désignés de I à VI sur le Tableau II, sans présenter la grande complexité du spectre du vanadium seul, même avec forte self-induction et pose courte.

Les raies des tableaux obtenues ici avec l'étincelle sans self-induction appartiennent aussi au spectre de self-induction et au spectre d'arc.

Le spectre de flamme oxyacétylénique ne m'a fourni aucune raie du vanadium.

Les minéraux vanadifères non conducteurs, attaqués par le carbonate de sodium, ont donné de bons spectres d'étincelle conformes aux tableaux précédents. Grâce à l'obligeance de M. Alfred Lacroix, j'ai pu rechercher ainsi le vanadium dans des bauxites, du Var, et dans diverses latérites. Ces deux roches se sont comportées de même, montrant les principaux groupes de raies du vanadium lorsqu'elles étaient fortement colorées par l'oxyde de fer. C'est ainsi qu'une latérite gibbsitique n'a montré ni vanadium, ni titane, tandis que les groupes I, II, V du Tableau II, ainsi que les principaux groupes de raies du titane étaient fortement marqués sur les clichés spectraux d'une latérite de syénite néphélinique des îles de Los (Guinée), et d'une latérite ferrugineuse de basalte, de Farafangana (Madagascar). C'est de la même manière que M. J. Orcel a reconnu le spectre du vanadium dans celui de l'aérinite [1].

---

[1] *Comptes rendus*, t. 175, 1922, p. 309.

ÉLECTIONS.

Par 47 suffrages contre 3 à M. *Camille Gutton*, Sir **William H. Bragg** est élu Correspondant pour la Section de Physique, en remplacement de M. *René Benoît*, décédé.

Par 45 suffrages contre 2 à M. *Paul Pascal*, M. **J.-B. Senderens** est élu Correspondant pour la Section de Chimie, en remplacement de M. *Barbier*, décédé.

CORRESPONDANCE.

M. le **Recteur de l'Université de Paris** invite l'Académie à lui désigner celui de ses Membres qui devra la représenter à l'*Institut de Statistique de l'Université de Paris*.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° René Bourret. *Études géologiques sur le Nord-Est du Tonkin.*

2° *Anthropologie der Neu-Caledonier und Loyalty-Insulaner*, von Dr Fritz Sarasin. (Présenté par le Prince Bonaparte.)

3° *Flore analytique et descriptive des Hépatiques de France et des contrées voisines* (2e édit.), par T. Husnot. (Présenté par M. L. Mangin.)

M. le **Secrétaire perpétuel** signale également un *Rapport sur les expériences de levés des plans aux grandes échelles avec emploi de la photographie aérienne, exécutées en* 1921 *et* 1922 *sur le territoire de Viegnmont* (*Oise*), sous la direction de M. H. Roussilhe. (Présenté par M. Ch. Lallemand.)

Miss **Ethel Mellor**; MM. **H. Beghin**, **Georges Bohn**, **Marc Bridel**, **J. Chopart**, **S. Metalnikoff**, **P. Muller** adressent des remercîments pour les distinctions que l'Académie a accordées à leurs travaux.

ASTRONOMIE. — *Observations de la comète Skjellerup* (1922 *d*), *faites à l'équatorial coudé de l'Observatoire de Nice*. Note de M. A. **Schaumasse**, présentée par M. B. Baillaud.

Dates 1922.	Temps moyen de Nice.	ΔÆ.	ΔⱰ.	Nombre de compar.	Æ apparente.	Log. fact. parall.	Déclinaison apparente.	Log. fact. parall.	⋆.
	h m s	m s	′ ″		h m s		° ′ ″		
Nov. 29......	16.19.15	—0. 8,61	—8. 4,0	18:10	11.17. 7,64	$9,415_n$	—13.47.34,5	0,854	1
» 29......	16.58.34	+0. 0,19	—9.39,6	18:10	11.17.16,44	$9,289_n$	—13.49.10,1	0,862	1
» 30......	16.53.47	+1.31,47	—2.27,6	15:10	11.22.37,77	$9,316_n$	—14.47.53,6	0,866	2

Positions moyennes des étoiles de comparaison.

⋆.		Grandeur.	Æ moyenne 1922,0.	Réduction au jour.	Déclin. moyenne 1922,0.	Réduction au jour.	Autorités.
			h m s	s	° ′ ″	″	
1	3353—13	8,1	11.17.13,73	+2,52	—13.39.19,4	—11,1	A.G. Cbr (U.S) 4258
2	3318—14	9,4	11.21. 3,76	+2,54	—14.45.15,1	—10,9	Rapp. à ⋆ 3
3	3308—14	9.4	11.17.53.77		—14.38.25,8		A.G. Wash. 4472

Remarques. — La comète de gr. 11 est une nébulosité de 3′,5 d'étendue, présentant, vers la région centrale, une vague condensation qui ressort peu et se pointe mal.

PHYSIQUE THÉORIQUE. — *Sur la gravitation des systèmes.* Note de M. J. **Le Roux**, présentée par M. G. Kœnigs.

M. Brillouin ayant formulé quelques observations critiques à propos d'une Note sur la gravitation, que j'avais présentée à l'Académie, il me paraît utile d'y ajouter quelques éclaircissements.

On sait qu'Einstein a cherché à expliquer la gravitation en lui attribuant une origine quasi géométrique. Il imagine qu'il existe un élément linéaire à quatre dimensions, le ds^2 de l'univers, dont les géodésiques définissent les mouvements des mobiles graves.

Cette tentative d'explication de la gravitation est évidemment originale et au premier abord a pu paraître séduisante. J'ai montré cependant, dans ma Note citée, à quelles conséquences singulières on est conduit dans le cas des systèmes lorsqu'on admet que tous les mouvements sont définis par les géodésiques d'un même ds^2 à quatre dimensions. Je ne crois pas que mes conclusions, dans les termes précis où elles sont formulées, puissent être sérieusement contestées. M. Brillouin objecte que les coefficients

du ds^2 d'univers à quatre dimensions dépendent des coordonnées de tous les points du système et que toutes ces coordonnées varient solidairement.

Cette hypothèse est parfaitement légitime. On a bien ainsi une forme quadratique de quatre différentielles, mais, en vertu de la variation solidaire de toutes les coordonnées, cette forme n'est plus un élément linéaire à quatre dimensions; les mouvements ne sont plus définis par les géodésiques d'univers, les considérations relatives à la courbure de l'univers n'ont plus de sens, et enfin, fait plus grave, l'explication quasi géométrique de la gravitation disparaît.

Ces résultats sont d'accord avec mes conclusions. Ce qui sépare le point de vue de M. Brillouin du mien se ramène à la différence suivante. M. Brillouin accepte pour les coefficients $g_{\mu\nu}$ les solutions les plus générales des équations aux dérivées partielles d'Einstein. Je ne prends au contraire parmi ces solutions que celles qui peuvent fournir un véritable ds^2 à quatre dimensions, conformément au point de départ initial.

PHYSIQUE MATHÉMATIQUE. — *Sur la constance de l'homogénéité du fluide représentatif des différents états possibles d'une masse gazeuse.* Note de M. **J. Haag**, présentée par M. Émile Borel.

Soit un gaz constitué par N molécules sphériques parfaitement élastiques. Pour étudier la probabilité de ses différents états, il est commode, comme le fait M. Jeans (*The dynamical theory of gases*, Chap. III), de le représenter par un point P de l'espace à 6N dimensions, dont les coordonnées sont les coordonnées des N molécules et les composantes de leurs vitesses. On considère ensuite un fluide fictif répandu uniformément dans cet hyperespace et l'on doit prouver qu'il demeure infiniment homogène.

La démonstration donnée par M. Jeans repose sur l'étude préalable de la réflexion d'une molécule sur une paroi et du choc de deux molécules. Il me paraît intéressant de donner une démonstration analytique directe, qui envisage simultanément les deux phénomènes et, plus généralement, la réflexion d'un fluide dans un hyperespace quelconque.

M. Borel a démontré ([1]) que tout choc (molécule contre paroi ou contre molécule) peut être interprété comme une réflexion du point M, dont les coordonnées sont égales à celles des N molécules, sur une surface S de l'espace à 3N dimensions.

([1]) *Introduction géométrique à quelques théories physiques*, p. 86.

Considérons dès lors un point $M(x_1, x_2, \ldots, x_n)$ de l'espace E_n, susceptible de se réfléchir sur l'hypersurface S définie par l'équation

$$(1) \qquad F(x_1, x_2, \ldots, x_n) = 0$$

et animé, entre les chocs, d'un mouvement uniforme. Soient $u_1, u_2, \ldots, u_n$ les composantes de sa vitesse. Nous considérons le point

$$F(x_1, x_2, \ldots, x_n; u_1, u_2, \ldots, u_n)$$

de l'espace E_{2n}. Il s'agit de montrer que tous les points P qui occupent un volume quelconque V, au temps zéro, occupent un volume égal V', au temps t.

Si, de 0 à t, les points P de V ne subissent aucun choc, la propriété est évidente. Supposons maintenant que chacun d'eux subisse *un seul choc* sur S. Les coordonnées du point P au temps t sont données en fonction de ses coordonnées au temps zéro par les formules (¹)

$$(2) \qquad u'_1 = u_1 - \lambda a_1, \qquad x'_1 = x_1 + u'_1 t + \lambda\theta a_1,$$

en posant

$$(3) \qquad a_i = \frac{\partial F}{\partial y_i}, \qquad \lambda = \frac{2\sum a_i u_i}{\sum a_i^2}, \qquad y_i = x_i + u_i\theta,$$

θ étant déterminé par l'équation

$$(4) \qquad F(y_1, y_2, \ldots, y_n) = 0.$$

Il s'agit de démontrer que le jacobien $J = \frac{D(x'_i, u'_i)}{D(x_i, u_i)} = 1$.

Nous ferons d'abord la remarque générale suivante : Soient n fonctions quelconques $z'_1, z'_2, \ldots, z'_n$ des n variables $z_1, z_2, \ldots, z_n$. Pour calculer leur jacobien J, on les différentie totalement et l'on prend le déterminant des coefficients des dz_i dans les seconds membres.

Or, ce déterminant ne change pas si l'on remplace dz'_i par $dz'_i + k\,dz'_j$, quel que soit le coefficient k, car cela revient à lui ajouter un déterminant ayant deux lignes proportionnelles. De même, on peut, dans les seconds membres, remplacer dz_i par $dz_i + k\,dz_j$, car cela revient à ajouter à J un déterminant ayant deux colonnes proportionnelles.

(¹) J'emprunte à M. Borel (*loc. cit.*, p. 84) la formule qui donne u'_i. Les autres s'établissent aisément en introduisant le point d'incidence $I(y_1, y_2, \ldots, y_n)$.

Cela posé, en différentiant (2), nous avons

(5) $$du'_i = du_i - \lambda\, da_i - a_i\, d\lambda,$$

(6) $$dx'_i = dx_i + \mu\, da_i + a_i\, d\mu + t\, du'_i \qquad (\mu = \lambda\theta).$$

Nous pouvons déjà supprimer le terme $t\, du'_i$, en remplaçant dx'_i par $dx'_i - t\, du'_i$.

Pour simplifier les calculs, prenons maintenant des axes tels que le plan tangent en I à S soit parallèle au plan $x_1 = 0$. Nous avons alors $a_i = 0$, si $i > 1$, et nous pouvons, évidemment, supposer $a_1 = 1$.

En différentiant (4), nous obtenons, moyennant les hypothèses ci-dessus,

(7) $$u_1\, d\theta + \theta\, du_1 + dx_1 = 0.$$

Remplaçons maintenant dx'_i par $dx'_i + \theta\, du'_i$; il vient

(8) $$dx'_i = dx_i + \theta\, du_i + \lambda\, a_i\, d\theta.$$

Puis, remplaçons dx_i par $dx_i - \theta\, du_i$; (7) et (8) deviennent respectivement

(9) $$u_1 d\theta + dx_1 = 0,$$

(10) $$dx'_i = dx_i \quad (i > 1); \qquad dx'_1 = - dx_1,$$

en remarquant que $\lambda = 2u_1$.

On déduit de là que

(11) $$J = -\frac{D(u'_1, u'_2, \ldots, u'_n)}{D(u_1, u_2, \ldots, u_n)}.$$

Or, (5) s'écrit

(12) $$du'_1 = du_1 - d(\lambda a_1).$$

D'autre part, les a_i étant fonctions des y_j et dy_j se réduisant actuellement à

$$dx_j + u_j\, d\theta = dx_j - \frac{u_j}{u_1}\, dx_1,$$

on peut considérer ces coefficients comme constants, puisque nous n'avons plus à nous préoccuper que des dérivées par rapport aux u_i. Dès lors, on a

$$d(\lambda a_i) = 0 \quad (i > 1), \qquad d(\lambda a_1) = 2\, du_1.$$

La formule (12) se réduit maintenant à

$$du'_i = du_i \quad (i > 1), \qquad du'_1 = -du_1.$$

Donc, $J = 1$.

Il nous reste à tenir compte des points P qui subissent plusieurs réflexions entre les temps o et t. A cet effet, on démontre qu'ils occupent un volume infiniment petit du second ordre, si t est infiniment petit du premier ordre. On en conclut que la dérivée de V' par rapport à t est nulle; donc, V' est constant et égal à V.

ÉLECTRO-OPTIQUE. — *Remarques sur les spectres corpusculaires et l'effet photo-électrique.* Note de MM. **Maurice** et **Louis de Broglie**, présentée par M. Brillouin.

A. Dans les spectres corpusculaires magnétiques des électrons émis par les éléments sous l'excitation des rayons X, l'énergie d'une raie corpusculaire due à des électrons arrachés à un niveau K est de la forme

$$h(\nu - \nu_k),$$

où ν est la fréquence de la radiation excitatrice et ν_k celle de la discontinuité critique K.

M. Whiddington, dans un travail récent (¹), remarque qu'il n'observe pas les raies corpusculaires du type précédent lorsque $h(\nu - \nu_k)$ est inférieur à $h\nu_k$.

Nous avons aussi trouvé que, dans ces conditions, les raies paraissaient moins faciles à obtenir, et nous avons repris quelques spectres pour éclaircir ce point.

D'après la règle de M. Whiddington, en employant comme rayons excitateurs les rayons K du tungstène, on ne devrait plus avoir de raies corpusculaires provenant de la couche K pour les métaux de nombre atomique supérieur à 50 (étain); l'expérience montre cependant que, pour l'iode ($N = 53$), les raies corpusculaires venant de la couche K sont visibles entre les deux principales raies dues à la fluorescence du radiateur secondaire. Dans le cas du baryum ($N = 56$), où les raies de la couche K sont passées du côté des petites énergies par rapport aux raies de fluorescence, on les

(¹) *Phil. Mag.*, juin 1922, p. 1126.

aperçoit encore, bien qu'assez faiblement, dans une région riche en fond continu.

Enfin, pour un nombre atomique encore plus élevé, samarium ($N = 62$), les raies en question ne sont plus visibles peut-être à cause de l'intensité du fond continu.

Ces divers résultats montrent que les raies corpusculaires émanées d'un niveau s'affaiblissent, mais ne disparaissent pas quand leur énergie restante devient inférieure à celle de ce niveau.

La théorie (¹) permet de chercher à prévoir quelle sera la variation de l'intensité des raies corpusculaires excitées par une radiation ν donnée sur un même niveau ν_k, par exemple, de différents éléments; on trouve que l'énergie totale du flot de corpuscules composant la raie (soit le produit du nombre de ces corpuscules par l'énergie de chacun) s'exprime par

$$I = A\,\nu_{k^2}\frac{\nu - \nu_k}{\nu^4},$$

ce qu'on peut également envisager comme une fonction du nombre atomique N en remplaçant ν_k par sa valeur en fonction de N (loi de Moseley).

Cette expression doit, quand le nombre atomique s'élève, passer par un maximum puis décroître ensuite rapidement, et c'est bien ce que l'expérience montre; mais il faut remarquer que les opacités des raies font entrer aussi en ligne de compte la variation de la sensibilité de l'émulsion en fonction de l'énergie individuelle des corpuscules qui la frappent, ce qui rend difficile une vérification numérique de la position du maximum.

B. On est loin de pouvoir répondre complètement à la question suivante : Que deviennent les électrons libérés dans l'intérieur d'un solide par des rayons excitateurs pénétrants? Nous savons que les uns sortent avec les énergies que décèlent les raies du spectre corpusculaire; il est certain qu'une grande partie de l'énergie des autres est finalement convertie en chaleur.

En supposant que les pertes de vitesse ne se produisent que par des chocs faisant jouer les quanta, il interviendra dans les conditions ordinaires un abaissement de l'énergie individuelle des corpuscules jusqu'au moment où celle-ci sera inférieure à celle qui correspond au premier potentiel d'ionisation; les chocs sont alors élastiques et la conversion en énergie thermique

(¹) *Comptes rendus*, t. 173, 1921, p. 527.

se conçoit. M. Léon Brillouin (¹) a du reste développé une théorie du fond continu des rayons X qui introduit aussi la notion d'agitation thermique à la fin du parcours des électrons.

Vers la fin de leur carrière un grand nombre de corpuscules voient donc leur énergie se grouper autour d'une valeur de quelques volts et l'on s'explique la présence de très nombreux électrons lents signalés particulièrement par Schearer dans un travail récent (²). M. Ledrus, au cours de recherches sur les spectres corpusculaires, a également rencontré un fond continu prononcé dont l'intensité croissait à mesure que les vitesses des électrons s'abaissaient.

C. Millikan a conclu à la fin d'une belle série de recherches poursuivies sur l'effet photo-électrique de radiations appartenant à la lumière visible et au début de l'ultraviolet que, dans ce cas, l'énergie des électrons expulsés, corrigée de l'effet de sortie du milieu solide, était sensiblement égale au quantum $h\nu$ de la radiation excitatrice, sans faire intervenir de terme représentant un travail atomique de sortie (³); les électrons intéressés seraient alors des électrons de conductibilité, libres ou très peu liés. C'est bien, semble-t-il, ce qui doit se passer tant que le quantum de la lumière employée ne dépasse pas le premier potentiel d'ionisation et, dans ces conditions, il n'y a rien là de contradictoire vis-à-vis des résultats qui concernent l'effet photo-électrique des rayons X.

SPECTROSCOPIE. — *Sur la loi de dispersion des spectres prismatiques dans l'ultraviolet.* Note de M. **Pierre Salet**, présentée par M. A. de Gramont.

J'ai donné (⁴) une formule simple et rapide qui représente avec une exactitude pratiquement parfaite la relation observée entre la longueur d'onde λ et la position l d'une raie dans un spectre. Cette formule avait été vérifiée grâce à des clichés de dispersions très variées obtenus avec le spectrographe de M. Hamy et s'étendant de λ 3800 à 4900. Il y avait intérêt à voir si elle s'appliquait aussi dans l'ultraviolet, et M. de Gramont

(¹) *Comptes rendus*, t. 170, 1920, p. 274.

(²) *Phil. Mag.*, novembre 1922, p. 793.

(³) A moins d'admettre que l'absorption n'a pas lieu par quanta, ce qui est contredit par les spectres corpusculaires.

(⁴) *Comptes rendus*, t. 160, 1915, p. 715.

a bien voulu me donner, pour cette vérification, un cliché obtenu avec un spectrographe en quartz et une plaque courbée, la dispersion étant d'environ 6 U. A. par millimètre vers λ2300.

L'étude de ce cliché montre que ma formule représente bien la position des raies. Pour 25 raies pointées entre λ2250 et 3100, la différence entre les positions mesurées et calculées est, en moyenne, de $\pm 0^{mm},005$, c'est-à-dire ne dépasse guère les erreurs d'observations.

Rappelons les calculs très simples auxquels conduit ma formule. On détermine pour trois longueurs d'onde différentes la valeur $k = \frac{d\lambda}{dl}$ (1). Le fait physique que j'ai mis en évidence est que l'on peut poser

$$k = A\lambda^2 + B\lambda + C;$$

A, B, C étant des constantes. Ayant trois valeurs de k, on a ces constantes par la résolution de trois équations du premier degré et le calcul d'une table de valeurs de k est très rapide. Or c'est cette table qui servira presque uniquement au spectroscopiste, qui n'aura généralement à rapporter les raies mesurées qu'à des raies de comparaisons voisines (2), et l'avantage de la méthode est surtout le calcul rapide et direct de cette table dont les valeurs peuvent changer d'un cliché à l'autre (en raison notamment de la température) pour un même instrument (3).

Si les raies sont trop éloignées, on emploiera ma formule complète :

$$l = \frac{2}{Q} \text{arc tang} \frac{\lambda - d}{e} + \text{const.}$$

---

(1) Il suffit pour cela de diviser la différence de λ de deux raies connues, par leur distance mesurée. Nous avons vérifié, pour les dispersions que nous avons étudiées, qu'on a ainsi théoriquement la valeur de k à 0,001 U. A. près pour la moyenne des deux longueurs d'onde, quand leur distance ne dépasse pas 30 U. A. On peut d'ailleurs déterminer k avec plusieurs couples dans la même région de la courbe. La moyenne de deux valeurs de k correspond à la demi-somme des longueurs d'onde moyennes de deux couples, pourvu que leur distance soit moindre que 30 U. A. On évite ainsi l'emploi d'une formule de Cornu pour trois raies voisines, que j'avais indiqué dans ma précédente Note.

(2) La différence de λ de deux raies vaut leur distance multipliée par la valeur de k correspondant à leur moyenne quand la distance n'est pas trop grande (inférieure à 10 U. A. pour les dispersions que nous avons étudiées).

(3) Avec d'autres méthodes, il faudrait calculer les coefficients d'une nouvelle formule pour chaque cliché, formule dont il faudrait ensuite calculer la dérivée pour chaque valeur λ de la table.

dont les coefficients se déterminent ainsi :

$$Q = \sqrt{4AC - B^2}, \qquad d = \frac{-B}{2A}, \qquad e = \frac{Q}{2A}.$$

On choisit la constante $\left(\text{et aussi le facteur } \frac{2}{Q}\right)$ de manière à représenter le mieux possible les observations.

Nous avons trouvé des cas où $B^2 - 4AC$ était positif. La formule est alors, comme on sait, en désignant par a et b les racines de $A\lambda^2 + B\lambda + C = 0$,

$$t = 2{,}30258 \frac{1}{Q} \log \frac{\lambda - a}{\lambda - b} + \text{const.},$$

formule d'un emploi aussi facile que la précédente.

Si $\frac{Q}{B}$ était très petit, on emploierait la formule de Cornu, qui correspond au cas théorique où $Q = 0$. Mais, dans le cas qui nous occupe, Q vaut presque la moitié de B. Les deux racines du trinome sont donc loin d'être égales, et la courbe cherchée, que représente très bien ma formule, est nettement différente de l'hyperbole équilatère de Cornu.

SPECTROSCOPIE. — *Sur la place des raies ultimes des éléments dans les séries spectrales et sur leurs rapports avec les raies de résonance.* Note de M. **F. Croze**, présentée par M. A. de Gramont.

Les raies ultimes du spectre d'un élément sont celles qui disparaissent les dernières du spectre de dissociation d'un corps quand on diminue la concentration de cet élément dans le corps qu'on soumet à l'analyse spectrale. M. de Gramont [1] vient de montrer que dans les spectres dont les raies ont été en partie distribuées en séries, les raies ultimes sont toujours les têtes de lignes de certaines de ces séries. Il est intéressant de mettre en évidence les rapports de ces raies avec les raies de résonance des mêmes éléments, les premières qui apparaissent quand on produit le spectre d'un élément en bombardant ses atomes au moyen d'électrons d'énergie cinétique connue et progressivement croissante. Il est naturel de penser que ces raies de résonance qui, d'après la théorie de Bohr, sont celles dont la production nécessite la moindre dépense d'énergie, sont aussi dans tous les cas

---

[1] A. de Gramont, *Comptes rendus*, t. 175, 1922, p. 1025.

celles qui ont le plus de chance de se produire et que par suite elles sont les mêmes que les raies ultimes de M. de Gramont.

En fait, le tableau des raies ultimes dressé par M. de Gramont coïncide avec celui des raies de résonance [1] pour tous les spectres d'arc dans lesquels on a reconnu l'existence d'un seul système de séries. C'est ce qui a lieu pour les spectres des groupes I et III de la classification périodique des éléments : ces spectres contiennent seulement un système de séries de doublets : *les raies ultimes sont, de même que les raies de résonance, les composantes du premier doublet de la raie principale.*

Les spectres d'arc des corps du groupe II de la classification périodique contiennent deux systèmes de séries : un système de séries de raies simples et un système de séries de triplets. Ils contiennent en outre des séries dites de combinaison. La raie de résonance des spectres de ce groupe est précisément la première raie ($\nu = 1\,S - 1\,p_2$) d'une série de combinaisons dont la fréquence limite 1 S est celle de la raie principale $1\,S - m\,P$ des raies simples et dont le terme variable, mp_2, est celui des termes variables de la série principale ($1s - mp$) du système des triplets qui se rapporte à la composante moyenne de chaque triplet. D'après M. de Gramont, la raie ultime du mercure est aussi sa raie de résonance $\lambda\,2536$ ($1s - 1p_2$), mais la raie ultime de chacun des autres éléments du groupe est toujours la première raie de la série principale des raies simples : elle ne coïncide pas, contrairement à ce qu'on pouvait attendre, avec la raie de résonance de l'élément considéré.

Avant de comparer ces deux séries de résultats, il importe de remarquer qu'il n'est pas tout à fait sûr que la raie de résonance du mercure soit réellement sa raie ultime. La première raie de la série principale du système des raies simples du mercure a pour longueur d'onde 1849,57 A. U. : elle est en dehors de la région du spectre étudiée jusqu'ici par M. de Gramont. Certains indices permettent de penser qu'elle est probablement la véritable raie ultime du mercure. Elle a, en effet, avec les autres raies ultimes, ces caractères communs :

1° Elle est la plus intense des raies de séries du spectre d'arc du mercure; 2° elle est celle qui subit le plus facilement le phénomène du renversement spontané et qui est la mieux marquée dans le spectre d'absorption de la vapeur de mercure à l'état normal non ionisé (Mc Lennan). Lyman a d'ailleurs constaté qu'elle est une raie d'impureté des spectres des gaz obte-

---

(1) SOMMERFELD, *Atombau und Spectrallinien*, 3e édition, p. 424 et 427.

nus dans les tubes de Geissler, quand on fait le vide avec une pompe à mercure. Il reste cependant que cette raie n'apparaît pas dans la flamme du bec Bunsen; mais il en est de même des raies ultimes du zinc et du cadmium qu'on obtient seulement dans les spectres de la flamme du chalumeau oxyacétylénique. Il semble donc qu'on puisse conclure que dans tous les spectres d'arc des corps du groupe II, sans exception, la raie ultime soit la première raie de la série principale des raies simples. C'est d'ailleurs en étendant cette propriété des raies ultimes au cas du spectre du manganèse, dans lequel les raies simples sont remplacées par des triplets étroits, que M. Catalan a reconnu la première raie de la raie principale du système de ces triplets étroits.

Si l'on adopte cette manière de voir, la différence entre les tableaux des raies ultimes et celui des raies de résonance se trouve encore plus accentuée. Pour en préciser l'étendue, la lecture des Mémoires originaux montre qu'il faut distinguer expressément dans le groupe II le sous-groupe des métaux alcalino-terreux (magnésium, calcium, strontium, baryum) et le sous-groupe qui comprend le zinc, le cadmium et le mercure.

Dans le premier sous-groupe, le tableau des raies ultimes s'accorde parfaitement avec celui des raies caractéristiques des spectres de flammes, tel qu'il résulte des recherches de M. de Watteville, avec celui des raies caractéristiques des spectres d'absorption déterminées par Mc Lennan. Le désaccord est complet avec le tableau des raies de résonance. Ces raies, qui devraient être caractéristiques du spectre d'absorption de la vapeur à l'état normal manquent précisément dans ce spectre (Mc Lennan). C'est ainsi que la raie de résonance λ 4571,15 du magnésium manque dans le spectre d'absorption de la vapeur de ce corps pris à l'état normal, elle manque également dans le spectre de flamme relevé par M. de Watteville, dans le spectre de l'étincelle sous l'eau dont les raies renversées reproduisent le spectre de flamme (Eugène et Léon Bloch). Il semble donc que dans ce premier sous-groupe, ce soit la première raie de la raie principale des raies simples qui joue le rôle fondamental, bien que ce ne soit pas elle qui est obtenue le plus aisément par bombardement cathodique.

L'étude du second sous-groupe, celui du zinc, du cadmium et du mercure, conduit à des conclusions un peu différentes. Le tableau des raies de résonance est complètement d'accord avec celui des raies caractéristiques de la flamme du bec Bunsen donné par M. de Watteville. Si, d'ailleurs, on considère les raies caractéristiques des spectres d'absorption, on trouve que la raie 1S — 1P, très nettement prépondérante dans le spectre du zinc

par rapport à la raie de résonance $1S - 1p_2$, le devient de moins en moins quand elle passe au spectre du cadmium, puis à celui du mercure (Mc Lennan et Edwards). La considération de la persistance des raies montre une gradation de même sens. Dans le spectre du zinc, la raie de résonance n'est pas notée par M. de Gramont parmi les raies persistantes, celle du cadmium est notée comme raie de sensibilité moyenne, celle du mercure apparaît comme très sensible, la plus persistante de toutes celles de la région comprise entre λ 6000 et λ 2000 A. U. La prépondérance de la raie de résonance $1S - 1p_2$ tend à se substituer à celle de la raie de symbole $1S - 1P$ quand on passe du zinc au cadmium, au mercure.

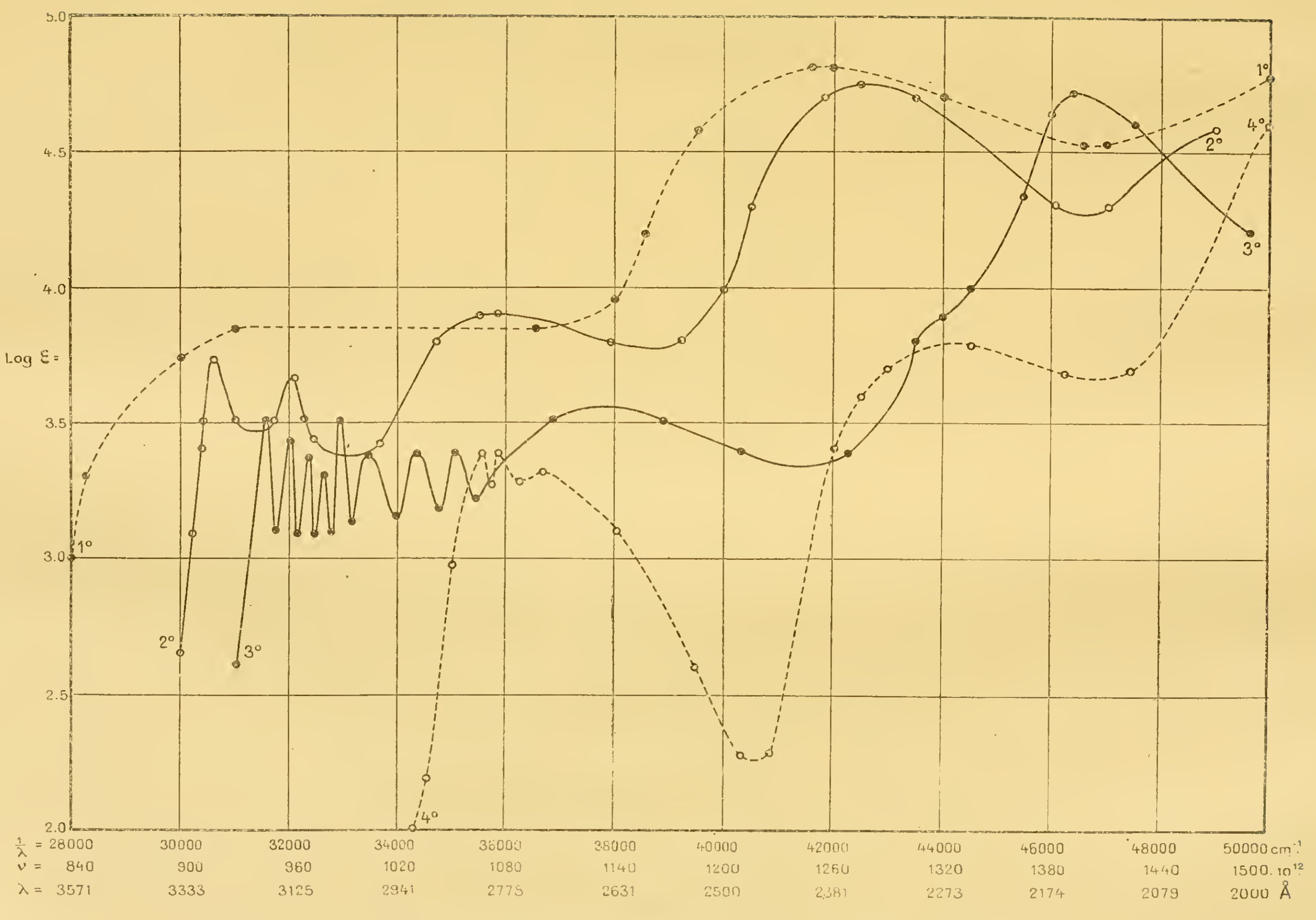
Ces remarques ne constituent pas une objection à la théorie de Bohr. On sait que, si cette théorie détermine la fréquence des raies qui peuvent se produire, elle n'est pas encore arrivée à déterminer l'intensité des raies qui sont émises des conditions données. La méthode de M. de Gramont ne prouve d'ailleurs pas que la raie de résonance n'est pas émise quand le spectre photographié ou observé montre seulement la première raie de la raie principale des raies simples; elle prouve seulement que l'intensité de la raie de résonance est devenue beaucoup plus faible que celle de l'autre, circonstance dont devra tenir compte toute théorie complète de l'émission des raies spectrales.

SPECTROSCOPIE. — *Les spectres d'absorption ultraviolets des alcaloïdes du groupe de l'isoquinoléine. La papavérine et son chlorhydrate.* Note (¹) de M. Pierre Steiner, présentée par M. G. Urbain.

Les molécules des alcaloïdes sont des ensembles très compliqués qui résultent de la réunion de deux ou plusieurs molécules elles-mêmes assez complexes. L'étude spectrographique de ces corps doit se faire en comparant leurs propriétés absorbantes avec celles de leurs parties constituantes. Nous avons fait cette analyse pour quelques alcaloïdes que l'on classe dans le groupe de l'isoquinoléine; ils contiennent, dans leur molécule, soit le noyau de l'isoquinoléine intact (papavérine), soit le même noyau cyclique partiellement saturé, la tétrahydroisoquinoléine (narcotine et hydrastine), soit ce même noyau ouvert (narcéine).

La molécule de papavérine est formée d'une part par un dérivé de l'iso-

(¹) Séance du 27 novembre 1922.



1° Chlorhydrate de papavérine; 2° Papavérine; 2° Isoquinoléine; 4° Vératrol.

quinoléine, d'autre part par un dérivé du benzène, le vératrol, reliés entre eux par un groupe méthyle.

```
                   CH   CH
CH³— O — C╱╲C╱╲C
         |  ‖  |
CH³— O — C  ╱C╲  N
          CH   C
               |
              CH²
               |
               C
          CH╱╲CH
          |    ‖
CH³— O — C╲╱CH
CH³— O — C
```

Papavérine.

```
  CH   CH
CH╱╲C╱╲CH
|    ‖    |
CH╲╱C╲╱N
  CH   CH
```

Isoquinoléine.

```
              CH
CH³— O — C╱╲CH
         ‖   |
CH³— O — C╲╱CH
              CH
```

Vératrol.

Nous avons étudié les spectres d'absorption quantitatifs ultraviolets de la papavérine en solution dans l'éther et l'acool, de son chlorhydrate dans l'eau et l'alcool-éther; nous les avons analysés en les comparant aux spectres de l'isoquinoléine et du vératrol.

Nous avons trouvé pour la papavérine pure quatre bandes d'absorption, deux bandes étroites pour $\lambda = 3261$ Å, $\varepsilon = 5400$ et $\lambda = 3117$, $\varepsilon = 4800$ et deux bandes larges avec maxima pour $\lambda = 2802$, $\varepsilon = 6400$ et $\lambda = 2346$, $\varepsilon = 54000$. Pour le chlorhydrate, nous trouvons une bande très large sans maximum net, ayant une intensité presque constante de $\varepsilon = 7000$ entre $\lambda = 3261$ et $\lambda = 2740$ Å., puis une bande large et intense avec maximum pour $\lambda = 2400$, $\varepsilon = 64000$.

La figure ci-jointe représente les courbes d'absorption, mesurées d'après la méthode de V. Henri, de la papavérine pure en solution éthérée, de son chlorhydrate en solution aqueuse, de l'isoquinoléine en solution hexanique [décrite récemment par M. Fischer et nous (¹)] et du vératrol en solution hexanique. En abscisses sont portées les fréquences, en ordonnées les logarithmes des coefficients d'absorption (définis par $J = J_0 . 10^{-\varepsilon c \delta}$).

Résultats. — 1° La courbe d'absorption de la papavérine ne représente pas la courbe que l'on obtiendrait par l'addition de celles de ses constituants, l'isoquinoléine et le vératrol; elle est une image assez fidèle de celle

(¹) *Comptes rendus*, t. 175, 1922, p. 882.

de l'isoquinoléine, mais simplifiée, décalée vers le rouge et représentant une absorption plus intense.

2° L'absorption de cet alcaloïde est déterminée par le groupe isoquinoléine, le groupe vératrol ne jouant qu'un rôle secondaire; son introduction dans la molécule provoque seulement une simplification, un déplacement et une augmentation de l'absorption.

3° Le spectre de la papavérine est le même en solution éthérée et alcoolique; dans l'alcool, les quatre bandes sont seulement déplacées vers le rouge, comme cela a lieu pour l'isoquinoléine.

4° En formant le chlorhydrate, on obtient une fusion complète des trois premières bandes de la papavérine; de plus, la courbe est déplacée vers le rouge, en même temps que l'absorption augmente un peu.

5° L'absorption entre $\lambda = 3261$ et 3117 Å. est caractéristique pour la papavérine; les divers liquides organiques absorbant aux environs de 2800 Å., il résulte des mesures précédentes que la méthode spectrographique appliquée à la recherche de la papavérine permettrait d'en déceler $\frac{3}{100}$ de milligramme dans 2^{cm^3} de liquide.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur les amines tertiaires dérivées de la benzhydrylamine.* Note de M. **Marcel Sommelet**, présentée par M. Béhal.

Dans une Communication précédente (1), j'ai décrit, en collaboration avec M. Guioth, une méthode de préparation d'amines tertiaires contenant le groupement $-N(CH^3)^2$. Cette méthode consiste à chauffer les sels quaternaires d'hexaméthylène-tétramine avec l'acide formique. L'acide, dans ces conditions, se décompose conformément à l'équation connue : $H-COOH = H^2 + CO^2$, et l'hydrogène, ainsi libéré, se fixe sur les éléments du sel quaternaire. Le chlorobenzylate d'hexaméthylène-tétramine, par exemple, donne naissance à la diméthylbenzhydrylamine

$$\begin{matrix} C^6H^5-CH^2 \\ Cl \end{matrix}\!\!>\!N\!\begin{matrix} \diagup CH^2 \diagdown \\ \diagdown CH^2 \diagup \end{matrix}[(CH^2)^4N^3] \rightarrow C^6H^5-CH^2-N(CH^3)^2.$$

J'ai appliqué cette méthode à un certain nombre de sels quaternaires analogues et, parmi ceux-ci, au produit d'addition que donne l'hexaméthylène-tétramine avec le diphénylbromométhane $(C^6H^5)^2CHBr$. Ce pro-

(1) *Comptes rendus*, t. 174, 1922, p. 687.

duit d'addition se transforme, sous l'influence de l'acide formique en une amine tertiaire $(C^6H^5)^2CH - N(CH^3)^2$, qui n'est autre que le dérivé diméthylé de la benzhydrylamine $(C^6H^5)^2CH - NH^2$, préparée autrefois par Friedel.

La *diméthylbenzhydrylamine* ainsi obtenue est un composé solide fusible à 68°,5-70°, donnant un *chlorhydrate* fusible à 201°-201°,5, un *bromhydrate* fusible à 199°-200°, un *iodhydrate* fusible à 227°-228°, et se montre identique au produit de la réaction du diphénylbromométhane sur la diméthylamine en solution benzénique.

La diméthylbenzhydrylamine se combine à l'iodure de méthyle en solution méthylique beaucoup plus lentement que les bases du groupe de la diméthylbenzylamine; l'addition s'effectue lentement à froid; après contact suffisamment prolongé, on obtient l'*iodométhylate* $(C^6H^5)^2CH - N(CH^3)^3I$ en aiguilles fusibles à 211°. L'addition est plus rapide à chaud, mais l'iodométhylate formé s'accompagne de l'iodhydrate de l'amine tertiaire, peu abondant si l'on ne dépasse pas la température de 75°, mais se formant de façon plus importante si l'on opère au voisinage de 100°. Dans ce dernier cas, on constate de plus un dégagement gazeux et la production d'un composé huileux neutre.

Pour comparer, dans leur manière d'être vis-à-vis de l'iodure de méthyle, diverses amines disubstituées de la benzhydrylamine, j'ai préparé la *diéthylbenzhydrylamine* fusible à 58°-59°, la *benzhydrylpipéridine* fusible à 73°-74°, l'*éthylbenzylbenzhydrylamine* fusible à 65°-66°. Si l'on soumet ces amines en solution méthylique à l'action de l'iodure de méthyle à une température voisine de 100°, on constate qu'il y a, dans les trois cas, formation de l'iodhydrate de la base et cela de façon à peu près exclusive pour le dernier.

Si, dans ces diverses réactions, on remplace l'iodure de méthyle par le bromure, on n'observe jamais la formation d'une quantité isolable du bromométhylate qui devrait résulter de l'addition du bromure de méthyle à l'amine tertiaire mise en œuvre, mais bien celle du bromhydrate de cette dernière; il y a, en même temps, production d'un gaz et du composé huileux déjà signalé.

Dans le but d'élucider cette question, j'ai étudié de façon particulière la réaction du bromure de méthyle sur la diméthylbenzhydrylamine en solution méthylique, en opérant au voisinage de 100°. Après un contact de 48 heures, on constate, à l'ouverture des tubes scellés, un abondant dégagement de gaz, qui semble formé principalement d'oxyde de méthyle et l'on

isole du produit liquide de réaction le bromhydrate de diméthylbenzhydrylamine, l'éther-oxyde méthylique $(C^6H^5)^2CHOCH^3$ du benzhydrol et du bromhydrate de triméthylamine. Si l'on opère, non plus en présence d'alcool méthylique, mais d'alcool butylique, on obtient des résultats analogues : à côté des bromhydrates d'amines, on trouve l'oxyde de méthyle et de butyle et l'éther-oxyde butylique du benzhydrol.

La formation de l'oxyde de méthyle ou de l'oxyde de méthyle et de butyle est due à l'entrée en réaction mutuelle du bromure de méthyle et de l'alcool utilisé, l'hydracide libre qui en résulte se trouvant fixé par l'amine tertiaire présente :

$$CH^3Br + CH^3OH + (C^6H^5)^2CH - N(CH^3)^2$$
$$= CH^3.O.CH^3 + (C^6H^5)^2CH - N(CH^3)^2, HBr.$$

Quant aux éthers-oxydes du diphénylcarbinol, ils reconnaissent deux origines possibles :

Ou bien la réaction donne réellement naissance au bromométhylate de diméthylbenzhydrylamine, mais celui-ci, aussitôt formé, se dissocie en diphénylbromométhane et triméthylamine; le dérivé halogéné, en présence de l'amine tertiaire et de l'alcool, se transforme en éther-oxyde :

$$(C^6H^5)^2CH - N(CH^3)^3Br = (C^6H^5)^2CHBr + (CH^3)^3N.$$
$$(C^6H^5)^2CHBr + CH^3OH + (CH^3)^3N = (C^6H^5)^2CHOCH^3 + (CH^3)^3N, HBr.$$

Ou bien c'est le bromhydrate de diméthylbenzhydrylamine formé au cours de la première réaction signalée plus haut qui se dissocie lui-même de façon équivalente à celle qui vient d'être mentionnée :

$$(C^6H^5)^2CH - N(CH^3)^2, HBr = (C^6H^5)^2CHBr + (CH^3)^2NH.$$
$$(C^6H^5)^2CHBr + CH^3OH + (CH^3)^2NH = (C^6H^5)^2CHOCH^3 + (CH^3)^2NH, HBr.$$

En fait, quand on soumet à l'action de l'alcool méthylique, à 100°, soit le bromométhylate, soit le bromhydrate de diméthylbenzhydrylamine, on observe finalement la production, dans les deux cas, de l'éther-oxyde méthylique du benzhydrol accompagné, dans le premier cas, de bromhydrate de triméthylamine et, dans le second, de bromhydrate de diméthylamine. Or, comme après réaction du bromure de méthyle en solution méthylique sur la diméthylbenzhydrylamine, on ne peut caractériser, parmi ses produits, comme amine acyclique que la triméthylamine, on est conduit à admettre, pour expliquer cette réaction, le premier mécanisme envisagé plus haut.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur les alcoylglycérines* (1). *Passage des vinylalcoylcarbinols aux alcoylglycérines.* Note de M. **Raymond Delaby**, présentée par M. A. Béhal.

Le second stade de la préparation des alcoylglycérines comprend la fixation d'une molécule de brome sur la double liaison des vinylalcoylcarbinols; comme on transforme ultérieurement les dibromhydrines ainsi obtenues en diacétines par action de l'acétate de potassium en milieu acétique, l'addition de brome se fait dans une solution de l'alcool éthylénique dans trois fois son poids d'acide acétique, en refroidissant dans un mélange de glace et de sel.

Après 12 à 24 heures de repos, on ajoute à cette solution la quantité théorique d'acétate de potassium récemment fondu et finement pulvérisé, puis on chauffe à reflux au bain d'huile à douce ébullition pendant 15 à 20 heures en agitant continuellement.

Le produit de la réaction est distillé dans le vide à sec : la majeure partie de l'acide acétique est d'abord recueillie et il passe ensuite un mélange d'acétines souillées d'acide acétique; on récupère une petite quantité de ces dernières en rectifiant soigneusement à la pression ordinaire la première fraction séparée et en épuisant à l'éther le bromure de potassium résiduel. 50^g d'acétines brutes de l'éthylglycérine ont donné après quatre rectifications :

Éb. sous 15^{mm}.	Quantité recueillie.	Acide acétique pour 100.
143°-145°,5	7^g	64,6
145-147	13	66,2
147-149	7	64,9
149-150	5	64,3
150-154	5	63

Les chiffres théoriques sont : 58,8 pour 100 pour la diacétine et 73,1 pour 100 pour la triacétine; on obtient donc un mélange de di- et de triacétines par suite de l'éthérification partielle de la fonction alcool restée libre. Le rendement est de 60 à 70 pour 100 de la quantité théorique.

Dans chaque cas, une partie aliquote du mélange ainsi obtenu est d'ailleurs transformable en éther triacétique pur, par action de l'anhydride acétique à l'ébullition pendant six heures en présence d'une petite quantité d'acétate de sodium fondu.

---

(1) Voir *Comptes rendus*, t. 175, 1922, p. 967.

	Points d'ébullition.	
Triacétine de la méthylglycérine.....	142°-145° sous 12^{mm}	153°-155° sous 27^{mm} (1)
» l'éthylglycérine........	156-158 » 21	264-265 ou 177 sous 52 (2)
» *la propylglycérine*....	157-159 » 15	
» *la butylglycérine*.....	174 » 21	

Saponification des acétines. — Pour cette opération, j'ai systématiquement écarté les alcalis en grande quantité afin d'éviter la formation possible de composés à structure glycidique ou de produits de condensation des glycérines.

Après divers essais qui fournissent des produits incomplètement saponifiés (hydrolyse sous 2^{atm} par 10 fois le poids d'eau des acétines mises en œuvre; alcoolyse par 4^{mol} d'alcool méthylique commercial; les deux procédés précédents combinés), je me suis arrêté à la technique suivante plus satisfaisante : on maintient 6 heures à l'ébullition à reflux le mélange d'acétines avec de l'alcool méthylique à 98° tenant en dissolution 10^{g} de ClH gazeux par litre, dans la proportion de 6^{mol} pour une de vinylalcoylcarbinol initiale et quel que soit le rendement obtenu en mélange d'acétines. Il suffit ensuite d'éliminer l'acétate de méthyle et l'alcool en excès et de distiller dans le vide l'alcoylglycérine : à partir du vinyléthylcarbinol par exemple, l'éthylglycérine ainsi préparée ne retient que 1,6 pour 100 d'acide acétique.

Les traces d'acétines sont alors saponifiées au moyen de la chaux. A cet effet, le produit dissous dans 3 à 6 fois son poids d'eau est additionné d'un peu plus que la quantité théorique de chaux et maintenu en vase clos à l'autoclave sous 2^{atm} pendant 2 heures. L'excès de chaux est précipité par CO^2; après ébullition, refroidissement et filtration, on distille sous pression réduite : l'alcoylglycérine passe d'emblée très pure, il reste un faible résidu d'acétate de calcium.

On peut obtenir ainsi :

	Points d'ébullition.		
Méthylglycérine.......	162°,5-163°,5 sous 15^{mm}	172°-175° sous 27^{mm}	(Lieben et Zeisel)
Éthylglycérine........	165 -166 » 15	192 » 63,3	(Wagner)
Propylglycérine.....	167,5-168 » 14		
Butylglycérine.......	175 -175,5 » 17		

(1) Ad. Lieben et S. Zeisel, *Monats. für Ch.*, t. 1, 1880, p. 832.

(2) G. Wagner, *Ber.*, t. 21, 1888, p. 3349.

Toutes sont très hygroscopiques, d'un goût légèrement amer; les deux dernières sont cristallisés : par chauffage rapide à la surface d'un bain de mercure, la propyl- fond à 60°-62° et la butyl- à 52°-54°.

Antérieurement, le seul procédé commode de préparation des alcoylglycérines, que Wagner utilisa d'ailleurs pour l'obtention de l'éthylglycérine, consistait en une oxydation permanganique des vinylalcoylcarbinols : mais il se forme en proportions appréciables d'autres produits d'oxydation et d'hydratation; en outre, l'opération entraîne l'emploi d'une solution très diluée (3^l d'eau pour 15^g d'éthylglycérine obtenus); enfin, Wagner accuse un rendement de 63 pour 100 de la théorie en tenant compte de l'alcool récupéré très impur, le rendement brut ne s'élevant qu'à 38,5 pour 100.

La synthèse que je propose conduit à des rendements de l'ordre de 60 pour 100 à partir de l'alcool secondaire mis en œuvre; le seul corps attendu se forme dans la réaction finale et l'élimination pénible d'une grande quantité d'eau est évitée. La méthode est d'ailleurs susceptible d'être appliquée industriellement [1].

GÉOLOGIE. — *Sur la mine de San Narciso en Guipuzcoa.* Note de M. **P.-W. Stuart-Menteath**, présentée par M. H. Douvillé.

Cette mine, au sud-ouest d'Irun, foncée jusqu'à 400^m de profondeur, et totalement noyée depuis 25 ans, est devenue une source de légendes de mineurs. Ayant suivi avec ses directeurs, à la veille de l'abandon, le fond coupé par le granite massif, en voyant extraire les derniers minerais au contact, je puis remarquer que l'abandon était depuis longtemps prévu d'après les allures de toutes les mines de la région. Le granite de la Haya, qui affleure à 4^{km}, était constaté en continuité avec celui de la mine, par des sondages au diamant, et toutes les mines qui entourent ce granit sont pareillement arrêtées à son contact; cette même roche arrive du reste au jour à 7^{km} de la Haya. C'est la vérification la plus profonde de la structnre des Pyrénées.

Le fond de toute la région consiste en grès rouge du Trias, phyllades du Carbonifère, calcaire du Dévonien, et schistes micacés du Silurien, ces derniers reposant sur le granit, mais parfois entièrement remplacés par ses apophyses. A San Narciso, on traverse les quatre niveaux cités; mais les trois derniers sont coupés nettement en

(1) Brevet français n° 165972.

travers par des filons digités de granite; les plans de la mine attestent leur parfaite continuité avec le fond de granite massif, dont la surface bosselée coupe en travers les couches du schiste micacé.

Les mineurs ignorants des plans, supposent habituellement que les filons coupés par les galeries sont des mottes isolées de granite. Il y a 25 ans, les observateurs les plus exercés confondaient le Flysch Crétacé avec le Silurien. La supposition récente, que la mine aurait traversé du Flysch absolument stérile, sans allusion au granite, est sans preuve possible; elle est en contradiction avec les documents statistiques de la mine, et c'est dans ces couches du fond que j'ai vu extraire les plus riches minerais. Il faut ajouter que cette région est criblée de mines depuis les Romains, et que cette mine est la plus profonde des Pyrénées.

Le Service Géologique de l'Espagne a largement confirmé, dans son *Bulletin* de 1919, les fossiles et les coupes que j'ai résumées dans ma carte des *Comptes rendus* de 1894. Parmi les détails publiés ailleurs, la présence de plaques superficielles de Flysch crétacé est notable entre les petits anticlinaux extérieurs et le massif des montagnes de la Haya. Les surgissements extérieurs comprennent, un peu au Sud, le Trias, le Lias, l'Infracrétacé et le Cénomanien, les trois derniers richement fossilifères. C'est nettement au-dessus, en discordance, et même séparées par un conglomérat de cailloux roulés, que les plaques de Flysch, habituellement presque horizontales, recouvrent toutes les formations fossilifères, surtout entre les montagnes et Astigarraga. Ce village, situé sur un pointement de marnes irisées, gypse et ophite, est au milieu d'un anticlinal de toutes les formations fossilifères déjà citées; et un deuxième anticlinal, pareillement constitué, lui fait suite avant Saint-Sébastien, où l'Éocène continue régulièrement celui de Biarritz, en excluant tout paradoxe.

Jusqu'à Bagnères et Capvern la lisière des Pyrénées est pareillement constituée, la mine de San Narciso ayant fourni la vérification la plus profonde. Les ophites, analogues à celles autour de Biarritz ou de Betharram, présentent vers Loyola leurs affleurements mieux caractérisé. Si le fond de San Narciso était en Flysch, les filons digités de granite qui le traversent auraient surgi après le *charriage* du Crétacé supérieur, bien que ce soit précisément l'antériorité du granite qui est censé prouver le charriage.

GÉOLOGIE. — *Sur la tectonique de la région de Bagnères-de-Bigorre et de Lourdes.* Note de M. P. Viennot, présentée par M. Pierre Termier.

La structure géologique de ce territoire de la Bigorre, telle qu'elle apparaît sur la feuille de Tarbes de la Carte géologique de France, frappe au premier abord par le caractère capricieux des accidents : de nombreux lambeaux y sont figurés par M. Carez comme flottant sur les schistes noirs à facies albien entre le Gave de Pau et l'Adour, tandis qu'ils se prolongent, à l'Ouest de Lourdes et à l'Est de Bagnères, par des zones où les mouvements tangentiels semblent n'avoir plus qu'un rôle tout à fait restreint.

L'étude du *complexe secondaire à l'Est de Baudéan et de Campan* est très instructive. Les divers niveaux s'y montrent *affectés par le métamorphisme*; les calcaires triasiques, liasiques et aptiens, la dolomie jurassique sont marmoréens, et acquièrent ainsi des facies à peu près identiques : il est donc difficile de les séparer et de les suivre. La disposition des plis se montre différente de celle indiquée par la carte. Entre la côte de Haboura et le Pé-de-Lalizan, l'analyse permet de déceler l'existence de trois axes anticlinaux triasiques. Ce sont, du Sud au Nord : celui du col de Lhéris, de direction WNW-ESE; celui d'Asté, de direction NNW-SSE; enfin celui qui, passant à la cote 690, affleure dans la vallée du ruisseau de Lhéris en direction NNW-SSE. L'importante *virgation de ces plis*, dont certains arrivent à avoir une direction presque N-S, est très remarquable. L'axe triasique d'Asté se prolonge nettement par l'important affleurement qui, par Gerde et Monloo, s'étend vers le Nord jusqu'au delà du gisement classique de la monzonite néphélinique de Pouzac. Cet affleurement, composé essentiellement de calcaire jaune et de cargneule, avec nombreux pointements d'ophite, doit être en entier rapporté au Trias, qui se montre aussi largement dans la vallée du Luz. Il avait été considéré comme liasique par M. Carez. Tout ce Trias appartient avec évidence à la même unité structurale que le faisceau des plis passant par Baudéan et Campan, et se montre tectoniquement indépendant de la masse des schistes albiens.

A l'Est du Pé-de-Lalizan on voit se développer, bordant au Nord le complexe précédent, une *importante brèche tectonique*, dont la puissance est très variable suivant les points, et qui, au sommet 1029, atteint plus de 300^{m} d'épaisseur. Cette brèche, comme la plupart de celles que nous allons avoir à signaler, est composée de morceaux de toute dimension passant à de véritables lames et appartenant aux niveaux les plus divers : schistes anciens

plus ou moins métamorphiques, calcaires et dolomies secondaires, schistes noirs albiens. *Le complexe étudié ci-dessus fait donc bien partie d'une nappe.*

Si l'on se dirige de la cote 1029 vers la cote 808 (SE de Lies), on rencontre d'abord dans les schistes albiens plusieurs affleurements linéaires de brèche; la formation bréchoïde, comportant d'importantes écailles de calcaire et de dolomie secondaires, atteint un développement considérable sur la bordure et à l'intérieur de la grande bande surtout calcaire, à facies métamorphique, qui va de Lies à Labastide. *Cette bande fait partie de la nappe*, dont la brèche est la mylonite de base, et qui présente dans cette région une allure de *synclinorium* complexe, particulièrement nette au SE de Lies.

Sur la rive gauche de l'Adour, la nappe se prolonge nettement par les *lambeaux* déjà figurés par M. Carez. Leur situation tectonique ne saurait faire aucun doute après une étude détaillée de leurs contours : je n'ai rien vu qui pût permettre de les interpréter comme des anticlinaux enracinés, ainsi que l'a soutenu récemment M. Dubar ([1]). Ils sont constitués par les mêmes niveaux métamorphisés que les affleurements de la rive droite, et les divers étages deviennent indiscernables dans les témoins isolés de faible étendue. Fort heureusement, là comme ailleurs, le Trias reste net, et je l'ai trouvé bordant au Sud les lambeaux du Bédat, de Germs et de Labassère. Les mylonites abondent. J'insisterai seulement sur celle qu'on observe au Sud du témoin de Labassère : elle est formée essentiellement de schistes noirs albiens, d'ophite triasique et de granite altéré, ces divers éléments affectant l'allure de copeaux extrêmement laminés. Tous les autres affleurements granitiques et ophitiques du voisinage ont la même signification. Dans la vallée du Gave de Pau, le chaos qui affleure à mi-distance de Boô et de Geu, avec ses argiles triasiques et son calcaire lité et contourné emballant des blocs énormes de dolomie jurassique (certains dépassent 50^{m^2}), contient peut-être parmi ses éléments des brèches stratigraphiques ([2]) : mais il est, dans l'ensemble, une mylonite en connexion avec le lambeau de Berbérust, peut-être aussi avec le contact anormal important qui sépare là le Dévonien et les schistes albiens. — Au SE de Lourdes, le calcaire urgonien du pic de Ger est encore un témoin de la nappe, fortement replissée, dont le contact anormal avec les schistes albiens est jalonné par l'ophite triasique des carrières de Lourdes ([3]), et aussi par des mylonites.

([1]) G. Dubar, *C. R. somm. Soc. Géol. de France*, 1922, p. 140.

([2]) J. de Lapparent, *Bull. Soc. Géol. de France*, 1919, p. 72.

([3]) P. Lamare, *Bull. Soc. Géol. de France*, 1922, p. 124.

A l'Ouest du Gave de Pau, la nappe est beaucoup moins érodée ; l'affleurement des schistes albiens d'Ossen, qui en constituent le *substratum*, a la signification d'une fenêtre.

Je n'insisterai pas ici sur les roches en filons dans les schistes albiens (P. Lamare, *loc. cit.*). La *monzonite néphélinique de Pouzac*, qui leur est nettement apparentée, appartient à la même venue éruptive; le Trias ophitique de la nappe est *charrié sur elle*.

Quant aux *granites et roches voisines* qui apparaissent en divers points, parfois accompagnés de schistes métamorphiques, je ne saurais les considérer comme crétacés. Partout où je les ai étudiés (Castillon, S. d'Ordizan, Granges-de-Julos, etc.), ils se montrent en contact anormal avec les schistes albiens, comme au Sud du lambeau de Labassère ; les belles brèches que j'ai observées dans ces gisements, formées de blocs de granite et de schistes albiens non métamorphiques, sont très significatives à ce sujet. Je les considère comme formant des *écailles à la base de la nappe*.

Au Nord de la région étudiée, on retrouve *le contact anormal du Flysch nord-pyrénéen*, jalonné à l'est de Montaut par des copeaux de lherzolite et de calcaires jurassiques (P. Lamare, *loc. cit.*), et, dans la *région de Mauvezin et des Bains-de-Capvern*, par de puissantes mylonites et *des écailles importantes* de Trias, de Lias et de Dolomie jurassique, avec des traces de granite.

Dans l'ensemble, les observations que j'ai faites dans la région de Bagnères-de-Bigorre et de Lourdes confirment pleinement l'essai de synthèse de M. Léon Bertrand. Cette région montre, *sur un substratum autochtone de schistes albiens, les débris d'une grande nappe*, où tous les niveaux sont plus ou moins métamorphiques, et *qui s'identifie par tous ses caractères avec la nappe B ;* le Permien du Pé-de-Lalizan, bordé presque partout par des brèches tectoniques, est *un témoin de la nappe supérieure C*, pincé en synclinal dans la précédente. Ces nappes, dans la région SE de la feuille de Tarbes, *ont été énergiquement replissées après leur translation*.

GÉOLOGIE. — *Contribution à l'étude géologique du fond de la Manche, d'après les dragages récents du* « Pourquoi-Pas? » (*août-septembre* 1922) : *Lias et Éocène*. Note de M. Louis Dangeard, présentée par M. Pierre Termier.

La campagne de dragages dirigée par M. le Dr J.-B. Charcot dans la Manche a permis de découvrir plusieurs affleurements sous-marins de

roches secondaires et tertiaires. Les observations faites à bord (enregistrement des chocs donnés par la drague sur le fond), l'examen de tous les matériaux recueillis dans une même opération conduisent à affirmer que la drague réussit souvent à détacher des fragments rocheux provenant de véritables *affleurements sous-marins*. A la station 230 par exemple, la drague a ramené, d'une profondeur de 80^m, de grandes plaques calcaires brisées, arrachées directement au substratum rocheux. La technique de M. le Dr Charcot [1] permet en outre de recueillir des blocs volumineux ensevelis sous une couche de sédiments actuels. Il importe, dans tous les cas, de distinguer les roches draguées *in situ* des blocs de nature et de provenances variées qui encombrent souvent le fond.

L'état de nos connaissances sur la géologie de la Manche est exposé dans les travaux récents de M. Paul Lemoine [2]. La présente Note a pour but de signaler des résultats nouveaux concernant le Lias et l'Éocène.

Lias. — A. *Sud du phare d'Eddystone.* — Le Lias a été signalé par les savants anglais [3] au sud du phare d'Eddystone. Les dragages suivants du *Pourquoi-Pas ?* ont été effectués un peu à l'est des stations anglaises.

Station 230. — A 80^m de profondeur affleurent des calcaires marneux bleuâtres appartenant au Lias; ces calcaires, dont la surface est durcie (hard grounds) et perforée par des Pholades trouvées vivantes dans leurs galeries, ont fourni de nombreuses empreintes d'Ammonites.

Station 235. — A six milles environ au nord-est de la station précédente, la drague a ramené de nombreux blocs de calcaire contenant des Ammonites caractéristiques du niveau de Lyme Regis (Sinémurien). Les fossiles recueillis par le *Pourquoi-Pas?* confirment donc l'existence d'une importante surface d'affleurements liasiques prolongeant très loin vers l'ouest le Lias connu sur la côte anglaise.

B. *Nord de Cherbourg.* — Le Lias affleure à quelques milles au nord de Cherbourg, à 60^m de profondeur, sous forme de calcaires marneux gris bleuâtres contenant des fragments de Bélemnites (stations 262, 263). Une

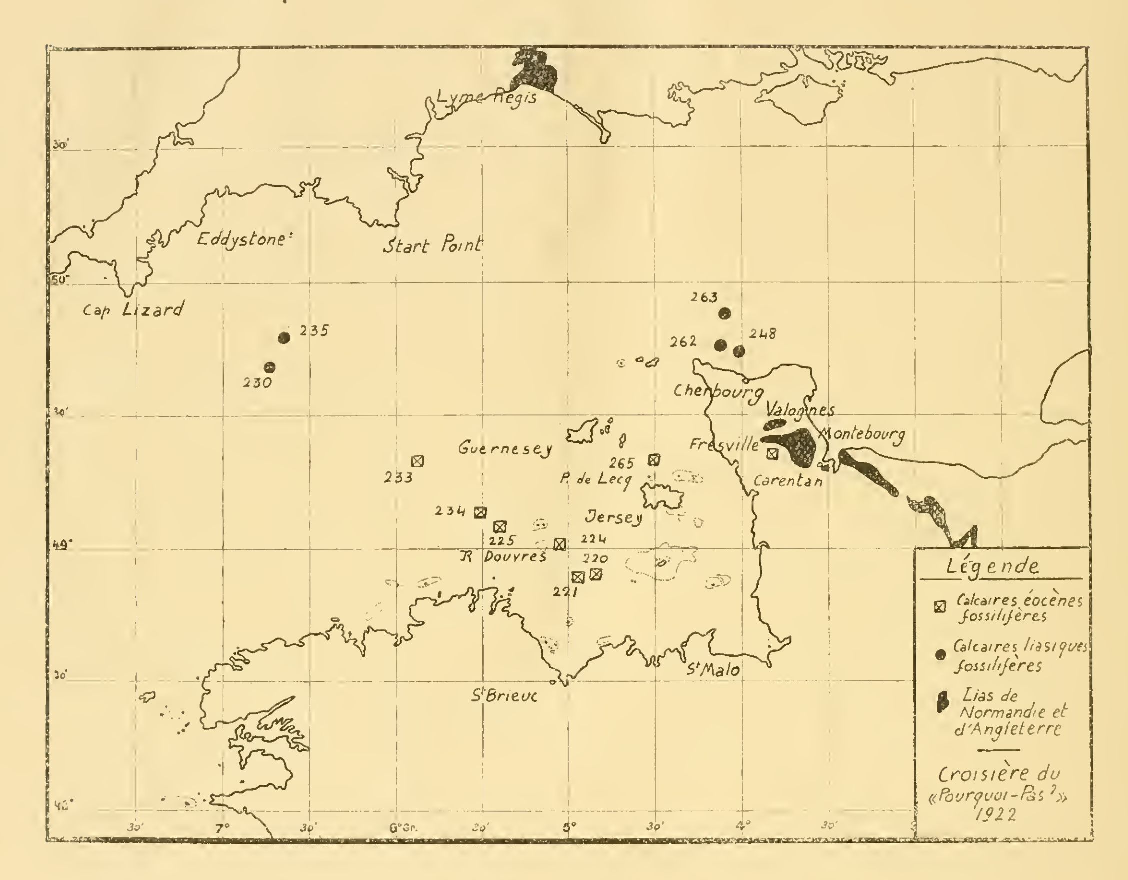
---

(1) J.-B. Charcot, *Sur l'étude géologique du fond de la Manche* (*Comptes rendus*, t. 175, 1922, p. 892).

(2) P. Lemoine, *La géologie du fond des mers. Manche et Atlantique Nord* (*Annales de Géographie*, 1912). — P. Lemoine et R. Abrard, *Contribution à l'étude géologique du fond de la Manche* (*B. S. G. F.*, 4e série, t. 22, 1922).

(3) *Journal of the marine biological Association*. Plymouth, new series, vol. 8, n° 2, 1908.

station voisine (248) a fourni plusieurs Ammonites roulées semblant appartenir au Lias supérieur.



Éocène. — *Station* 265. — L'Éocène a été trouvé *in situ* au nord des Pierres de Lecq, entre Jersey et Guernesey, sous forme de calcaires jaunâtres en plaquettes pétris de Foraminifères, de Gastéropodes et de Lamellibranches. Ces calcaires ont fourni

Orbitolites complanatus Lmk.
Alveolina granum festucæ Bosc. var.
» *elongata* D'Orb.
Milioles nombreuses.

Ils peuvent être assimilés aux calcaires lutétiens à *Orbitolites complanatus* et *Alveolina elongata* du Cotentin (Fresville, Orglandes) et aux niveaux correspondants de la Loire-Inférieure (Bois-Gouët).

Ces dépôts, dont plusieurs espèces fossiles possèdent des affinités méri-

dionales, ont été formés dans une mer qui occupait une grande partie de la Manche actuelle.

L'existence d'affleurements semblables vers l'ouest et le sud-ouest de Jersey paraît probable, car on a dragué de nombreux blocs de calcaires à Foraminifères au large de la Baie de Saint-Brieuc et autour de l'écueil des Roches-Douvres.

GÉOLOGIE. — *Sur la Stratigraphie du Nord de la Chaouia (Maroc occidental).* Note de M. **Lecointre**, présentée par M. Émile Haug.

Je me suis attaché à étudier dans les territoires Chaouia N., Arab et Zaër, l'extension du terrain Cambrien découvert par moi à Casablanca en 1917 (¹); j'ai pu constater que les schistes verts à *Paradoxides* ne sont qu'un accident lithologique dans les schistes micacés verts et rouges; j'ai pu retrouver ceux-ci fossilifères en divers endroits : tranchée d'Ain Mournoua, pont de l'oued Mellah et surtout à l'oued Nfifikh, où j'ai recueilli *Trochocystites* sp., *Paradoxides* sp. (glabelle), *Conocephalites Levyi* Mun.-Chalm. et Berg. Ainsi que je l'ai signalé, ces schistes passent à leur partie supérieure à des psammites fossilifères. De meilleurs échantillons m'ont permis de déterminer *Orthis Romingeri* Barrande. Je rattache donc ces psammites au Cambrien.

Ils sont inférieurs aux quartzites d'El Ang, lesquels, à leur tour, sont surmontés, dans l'oued Nfifikh et à Mansouriah, par des schistes gris-fer micacés et les schistes vert bouteille de Bouznika, qui ne m'ont point fourni de fossiles jusqu'à présent. Les vallées de l'oued Cherrat et le bas cours de l'oued Ykem présentent des formations fossilifères intéressantes :

1° Calcaires fétides noduleux à *Orthoceras* et *Monograptus* cf. *colonus* Barrande;

2° Schistes vert olive à *Chonetes sarcinulatus* Schloth.;

3° Grès et Dolomies grenues à Goniatites et Spongiaires mal conservés;

4° Schistes ardoisés à *Chonetes tenuicostatus* Œhlert;

5° Calcaire bleu très fin, donnant par altération une pseudo-grauwacke,

---

(¹) *Sur la présence du Cambrien et du Silurien (?) à Casablanca* (*Comptes rendus*, t. 166, 1918, p. 173).

découverte par M. Lamolinerie dans sa propriété de Maidnet, à *Phacops fecundus* Barrande, *Cryphæus Michelini* Marie Rouault, *Cryphæus Jonesi* Œhlert, *Proetus bohemicus* Corda, *Orthis Hamoni* Marie Rouault, *Atrypa reticularis* d'Orb., *Bifida lepida* Goldf.;

6° Une lacune d'observation;

7° Schistes ardoisés de Kefen Nzeha et d'Oued Ykem avec : *Cryphæus calliteles* Green, *Homalonotus Gervillei* de Verneuil, *Spirifer hystericus* Schloth., *Chonetes tenuicostatus* Œhlert, etc.;

8° Schiste à empreintes végétales de Kef en Nzeha;

9° Calcaires gris cristallins à polypiers de Kef en Nzeha, avec *Productus giganteus* Mart., *Spirifer bisulcatus* Sow.

Si la découverte de fossiles bien conservés vient confirmer les faits, il y aura lieu de considérer la couche 1 comme appartenant au Silurien supérieur (Gothlandien).

Les couches 2 à 7 appartiennent au Dévonien inférieur. La couche 9, au Carbonifère inférieur, Dinantien. Enfin, je pense qu'il faut rattacher au Dévonien les schistes et quartzites de Skrirat à *Chonetes* et *Orthis*, dont je n'ai pu déterminer exactement les rapports avec les formations précédentes.

Cette bande dévonienne se poursuit vers le sud et présente un beau développement dans les Mdakra, où elle a été signalée successivement par MM. Gentil (¹) et H. Douvillé (²) et où je l'ai moi-même recoupée à la fin de ma tournée.

Plus au sud encore elle a donné le beau gisement de Djemâa Salinin signalé par M. L. Gentil (³).

Au point de vue tectonique, la région dont je viens de parler fait partie de la zone des plissements hercyniens; les couches, parfois redressées à la verticale, y font une série de plis d'axe N 20° E à S 20° W, où du moins cette direction domine à quelques degrés près dans la région littorale. Il n'en est pas tout à fait ainsi dans le moyen cours de l'oued Cherrat, où la direction se rapproche de la méridienne et même atteint la direction N 10° W dans le Mdakara.

Ces couches paléozoïques sont recouvertes en discordance par diverses formations subhorizontales d'âge plus récent :

(¹) *Rapport sur une mission scientifique au Maroc en* 1908 (*Nouvelles Archives des missions scientifiques*, t. 18, fasc. 2, p. 32).

(²) *Fossiles nouveaux des environs de Casablanca* (*C. R. somm. de la Soc. géol. de France*, 1913, p. 81).

(³) *Loc. cit.* et *Comptes rendus*, t. 148, 1909, p. 1250.

1° Couches rouges de l'oued Mellah. Argiles bariolées gypseuses se chargeant de galets au voisinage de l'anticlinal préexistant de Fedhala. Vers la base de la formation on remarque une coulée de diabase parfaitement conservée et horizontale. Aucun indice paléontologique ne m'a jusqu'à présent permis d'assigner un âge à ces couches.

2° Calcaires compacts présentant des traces de fossiles indéterminables. D'après leur faciès j'aurais tendance à les rattacher au Crétacé.

3° Reposant sur ces couches par l'intermédiaire d'un conglomérat de base, les mollasses néogènes à *Flabellipecten Gentili* Depéret et Roman d'Ain Cherich (¹).

4° Les formations du Quaternaire marin, que j'ai décrites en 1918 (²).

HYDROLOGIE. — *Sur la radioactivité de la station de l'Échaillon en Maurienne*. Note de MM. J. Cluzet et A. Chevallier, présentée par M. Charles Richet.

Le bassin hydrominéral de l'Échaillon comprend trois sources principales, de température et de débit bien différents. Nous ne nous occuperons ici que de la plus importante, qui fit l'objet d'une autorisation d'exploiter en 1885. C'est une source du type chloruré sodique, dont la teneur en chlorure de sodium atteint $3^g,4$ par litre d'eau. Son débit est de 600^{m^3} par 24 heures et sa température se maintient à 39° C. De nombreuses bulles de gaz produisent à la surface de l'eau un bouillonnement constant, mais dont le débit est difficile à évaluer, en raison de la multiplicité des griffons. Cette source possède en outre la propriété remarquable de laisser déposer dans le bassin où elle jaillit une quantité relativement considérable de sédiments.

Nous avons étudié la radioactivité des sédiments, de l'eau et des gaz non dissous dans l'eau.

Déjà Blanc, en 1905, étudia les sédiments et y décela la présence de radiothorium, sans pouvoir mettre en évidence la moindre trace de thorium; ce même résultat a été obtenu par Elster et Geitel, en utilisant les dépôts

(¹) *Loc. cit.*

(²) *Sur quelques gisements fossilifères récents des environs de Casablanca* et *Sur le Pléistocène marin de la Chaouia* (*Comptes rendus*, t. 167, 1918, p. 375 et 396).

des sources de Baden-Baden. Blanc reconnut aux sédiments de l'Échaillon une activité six fois plus faible que celle du nitrate d'urane.

En réalité, la radioactivité de ces sédiments est très variable suivant le point de leur prélèvement, dans le bassin de la source. Il se produit en effet une décantation naturelle plus ou moins parfaite et les sels de fer qui accompagnent les substances actives sont présents dans des proportions variables. Nous avons procédé à un grand nombre de mesures sur des échantillons différents. Chaque fois, les sédiments, séchés et finement pulvérisés, furent comparés en activité à une pellicule d'oxyde d'uranium de poids égal et de surface équivalente. Dans un élestroscope bien étanche, l'activité croît pendant 10 minutes environ, elle atteint alors une valeur limite, qui peut être considérée par la suite comme invariable. Cette activité, rapidement croissante, puis pour ainsi dire fixe, est due à l'accumulation de l'émanation du thorium, dont l'équilibre est très rapidement atteint; il semble donc que la part du radium dans le pouvoir ionisant des sédiments soit insignifiante. Les valeurs fixes que nous avons mesurées variaient de 0,05 à 0,30 en prenant l'activité de l'oxyde d'uranium comme unité.

Des difficultés pratiques nous ont empêché d'étudier la radioactivité des eaux sur place. Après filtration, pour éliminer les particules de sédiments encore en suspension, nous avons extrait les gaz dissous par ébullition; puis, soigneusement desséchés, ces gaz ont été envoyés dans le cylindre déperditeur d'un électroscope de Cheneveau et Laborde. Une opération préalable, avec un barboteur étalon à bromure de radium, nous avait permis de calculer la valeur de la chute de la feuille en millimicrocuries, pour un volume gazeux donné. Un litre de gaz extrait de l'eau de l'Échaillon ne présente qu'une radioactivité faible du type radium; on peut l'évaluer à 0,40 millimicrocurie à l'émergence.

En ce qui concerne les gaz non dissous dans l'eau, nos mesures furent faites soit sur place, soit à distance. Les gaz furent prélevés au moyen d'une cloche métallique placée sur le griffon principal et amenés jusqu'à l'électroscope par une canalisation étanche. Dans ces conditions, la radioactivité constante suivit rigoureusement la loi de désintégration de l'émanation du radium et il ne fut jamais possible de déceler, même dans les premières secondes après l'arrivée des gaz dans le cylindre déperditeur, un accroissement d'activité correspondant à la présence de l'émanation du thorium. Il est rationnel d'admettre que la vitesse d'arrivée des gaz spontanés n'est pas suffisante pour permettre l'appréciation de l'activité de

l'émanation du thorium, qu'ils doivent cependant logiquement contenir à l'origine.

De ces mesures et de celles faites à distance, nous évaluons l'activité des gaz à 11,5 millimicrocuries par litre d'émanation du radium.

Enfin nous avons pensé que la dispersion des gaz à l'air libre, de même aussi que le rayonnement pénétrant des dérivés du thorium accumulés dans le bassin, ne sont pas sans influencer l'atmosphère environnante. Pour mettre en évidence l'ionisation de l'air dans le voisinage de la source, nous avons procédé de la façon suivante : l'électroscope de Cheneveau et Laborde, dont le cylindre déperditeur a été préalablement rempli loin de la station avec de l'air reconnu inactif, est placé dans un rayon supérieur à 10^{m} de la source. Dans ces conditions, la feuille d'or accuse une chute de potentiel de 184 volts à l'heure. On rapproche alors l'appareil de façon que la distance qui le sépare de la source ne soit plus que de 5^{m} : la chute de potentiel atteint alors 295 volts à l'heure. La différence entre ces deux nombres, qui représentent d'ailleurs les moyennes obtenues après plusieurs expériences, montre l'influence croissante du rayonnement à mesure que l'on s'approche de la source. Enfin si l'on remplace l'air inactif du cylindre par l'air ambiant de la station, on constate une chute de la feuille encore plus rapide, et, même à 10^{m} de la source, la chute de potentiel atteint 543 volts à l'heure, ce qui s'explique par la présence des émanations introduites dans le cylindre déperditeur. Ces chiffres, se rapportant à l'ionisation de l'air, sont loin d'être constants et ils varient dans de grandes proportions suivant l'état de l'atmosphère.

Mais le caractère principal de la source de l'Échaillon consiste dans l'abondance de ses sédiments et dans leur richesse en radiothorium; cette station est ainsi, actuellement en France, la seule source naturelle qui permette une utilisation thérapeutique de l'émanation du thorium.

MÉTÉOROLOGIE. — *Détermination, par temps couvert, des mouvements verticaux de l'atmosphère : influence de la nébulosité sur la vitesse de déplacement des dépressions.* Note de M. G. **Reboul**, présentée par M. Bourgeois.

Helmholtz [1] a montré que, par suite de la faiblesse du coefficient de viscosité des gaz, les discontinuités de vitesse avec mouvement parallèle à

[1] M. Brillouin, *Mémoires originaux sur la circulation générale de l'atmosphère*, p. 132.

la surface de séparation se transmettent très lentement; les courants verticaux atmosphériques, ascendants ou descendants, doivent donc avoir une énorme influence sur la vitesse de déplacement des perturbations météorologiques à la surface de la Terre.

On sait comment l'existence de courants ascendants explique, par suite des effets de détente qui les accompagnent, la formation de cumulus de beau temps ou orageux. Il est probable que ces courants sont liés, dans la grande majorité des cas, à la formation de nébulosité. Pour certains météorologistes, la condensation de la vapeur d'eau dans les couches supérieures de l'atmosphère serait la principale cause de la production de courants ascendants et de la naissance ou l'entretien, pendant plusieurs jours, des ouragans et des cyclones.

I. Quoi qu'il en soit, il paraît intéressant de vérifier expérimentalement que les courants ascendants sont d'autant plus accusés que la nébulosité est plus grande; malheureusement, si l'on détermine la vitesse de ces courants à la manière ordinaire au moyen d'un ballon-pilote que l'on suit au théodolite, la présence des nuages vient gêner ou rendre impossibles les expériences. Le Service Géographique de l'Armée ayant installé sur le front, vers la fin de la guerre, des postes de sondage par temps couvert (1), j'ai eu pendant quelques mois un de ces postes sous mes ordres (2), j'ai pensé à utiliser ses résultats pour vérifier l'existence de courants ascendants quand le ciel est couvert ou très nuageux.

Le repérage des positions successives du ballon-pilote se fait au son; la détermination graphique des résultats donne en même temps la vitesse ascensionnelle du ballon et sa vitesse de déplacement horizontal. On a choisi, pour ce qui suit, les résultats qui correspondent à des graphiques de discussion donnant de bonnes concordances dans la détermination des points de l'épure, ce sont ceux qui sont donnés par les expériences les mieux faites.

Appelons *vitesse d'ascension normale* celle que l'on obtient en prenant la moyenne des vitesses ascensionnelles de tous les sondages examinés. L'altitude atteinte dans les sondages étant généralement de 5000^{m} ou 6000^{m}, ces vitesses d'ascension normales se trouvent être les vitesses moyennes entre le sol et 5^{km} ou 6^{km} d'altitude. On trouve les valeurs suivantes :

---

(1) R. Bourgeois, *Comptes rendus*, t. 167, 1918, p. 769.

(2) Ce poste était installé à Saint-Martin-Longueau (Oise).

Diamètre du ballon.	Force ascensionnelle.	Vitesse ascensionnelle normale (minute).
1	350^{g}	259^{m}
	450	305
	550	340
1,20	800	304
1,30	850	304
	1050	386
1,50	1500	367

Prenons maintenant les différences des vitesses ascensionnelles, que l'on trouve dans chaque sondage, avec les vitesses d'ascension normales correspondantes, groupons ces différences d'après la nébulosité du moment de l'expérience et prenons-en la valeur moyenne; nous obtenons ainsi les résultats suivants :

	État du ciel.				
	Clair ou 1/4 nuageux.	1/2 couvert.	3/4 couvert.	Couvert.	Pluie.
Différence moyenne avec la vitesse normale	−19	−1	+7,5	+13,5	+9
Nombre de sondages correspondants	27	39	86	113	5

Ces résultats montrent très nettement que, lorsque le ciel est clair ou peu nuageux, le ballon monte moins vite que ne l'indique la vitesse d'ascension normale. Au contraire, quand le ciel est couvert ou très nuageux, le ballon monte plus vite que ne l'indique la vitesse normale; il y a certainement alors des courants ascendants. Dans les cas de pluie, l'effet de ces courants ascendants est évidemment contrarié par le choc des gouttes de pluie et par le poids de l'eau qu'entraîne le ballon.

II. Il y a donc, en général, des courants ascendants, dont l'effet se fait sentir jusqu'à 5^{km} ou 6^{km} du sol, quand le ciel est couvert ou très nuageux. D'autre part, d'après les théories d'Helmholtz, il y a déplacement plus facile des dépressions quand il existe des courants ascendants; il est donc logique d'en conclure que les dépressions se déplaceront rapidement quand elles seront accompagnées de zones très accusées de nébulosité. Il importe peu que le déplacement de la dépression soit la cause et la nébulosité l'effet, ou, réciproquement, il suffit de savoir qu'une nébulosité très prononcée est une preuve de courants ascendants et, par suite, l'indice d'une grande vitesse de déplacement probable de la dépression.

D'ailleurs cette liaison entre la nébulosité et la vitesse de déplacement des dépressions saute rapidement aux yeux quand on examine une succession de cartes isobariques sur lesquelles on a représenté les divers états du ciel par des colorations différentes; cette relation se traduit même d'une manière numérique assez remarquable lorsque l'on rapproche leurs valeurs pendant les diverses saisons.

Prenons, suivant les saisons, les valeurs de la vitesse moyenne des dépressions sur l'ouest de l'Europe et celles de la nébulosité à Paris [1], faisons le quotient de la vitesse par la nébulosité qui lui correspond, nous obtenons les valeurs suivantes :

Vitesse moyenne des dépressions V.	Nébulosité moyenne N.	Quotient $\frac{V}{N}$.	Saison.
8	6,5	1,23	Hiver
7,2	5,5	1,30	Printemps
6,6	5,25	1,25	Été
8,2	6,33	1,30	Automne

Une grande vitesse de déplacement est donc liée à une grande nébulosité. On peut en conclure, au point de vue de la prévision du temps, qu'une dépression révélée par la carte isobarique viendra d'autant plus rapidement sur une région que sa nébulosité est plus prononcée. La prévision de la vitesse de déplacement des perturbations météorologiques a toujours été une des grosses difficultés de la prévision du temps; la nébulosité nous paraît être un indice précieux pour prévoir la vitesse d'évolution du temps; elle fournit en tout cas un argument sérieux au météorologiste soucieux d'augmenter les chances de succès de ses prévisions.

CHIMIE VÉGÉTALE. — *La centauréidine, produit de dédoublement de la centauréine, glucoside des racines de* Centaurea Jacea *L.* Note de MM. M. **Bridel** et G. **Charaux**, présentée par M. L. Guignard.

Dans une précédente Note nous avons montré que, par hydrolyse sulfurique de la centauréine, il se formait 33,68 pour 100 de glucose et 70,77 pour 100 d'un autre produit qui a été obtenu à l'état cristallisé [2] et que nous avons appelé la *centauréidine*.

---

[1] Ces valeurs ont été extraites du *Lehrbuch der Meteorologie* de Hann ou déduites des courbes données par M. Angot dans son *Traité de Météorologie*.

[2] *La centauréine, glucoside nouveau retiré des racines de* Centaurea Jacea *L.* (*Comptes rendus*, t. 175, 1922, p. 833).

Pour purifier la centauréidine séparée du liquide d'hydrolyse, on l'a fait dissoudre dans 20 parties d'alcool à 50°, à l'ébullition. Par refroidissement, la centauréidine a recristallisé. On l'a recueillie, lavée à l'alcool et on l'a fait sécher à l'étuve à + 30°.

Elle se présente sous la forme d'une poudre cristalline d'une couleur jaune un peu plus foncée que celle de la centauréine. Au microscope, elle est constituée par des aiguilles assez longues, isolées ou groupées. Sa saveur est nulle.

Elle cristallise à l'état hydraté. Elle perd 7,98 pour 100 de son poids, dans le vide, à + 50°, en 18 heures.

Elle fond au bloc Maquenne à + 197°. Anhydre, elle fond à + 203°.

Elle est insoluble dans l'eau, soluble dans l'alcool méthylique, l'alcool éthylique, l'acide acétique, le phénol, très peu soluble à froid dans l'éther, le chloroforme, le benzène, le toluène, le nitrobenzène, le bibromure d'éthylène.

L'acide sulfurique la dissout en donnant une solution jaune d'or, d'où elle est précipitée par addition d'eau.

L'ammoniaque, la soude diluée, les carbonates alcalins en solution aqueuse dissolvent la centauréidine en donnant une solution jaune d'or. L'addition d'acide sulfurique dilué à la solution dans la soude provoque la précipitation de la centauréidine à l'état cristallisé.

L'analyse élémentaire, pratiquée en tube fermé, est assez délicate. La centauréidine brûle mal et ce n'est qu'après plusieurs heures que l'opération est terminée.

0g,1603 ont donné 0g,3464 de gaz carbonique et 0g,0645 d'eau :

$$C = 58,93 \text{ pour } 100 \quad \text{et} \quad H = 4,47 \text{ pour } 100.$$

La détermination cryoscopique du poids moléculaire a été faite en solution dans l'acide acétique. Elle a donné les résultats suivants :

centauréidine anhydre = 0g,3280; acide acétique = 37g,7336;

Δ = 0°,100 centauréidine pour 100g de dissolvant = 0g,85865;

$$PM = 39 \times \frac{0,85865}{0,100} = 335.$$

Ces résultats permettent de proposer la formule brute $C^{18}H^{16}O^{8}$:

	Calculé pour $C^{18}H^{16}O^{8}$.	Trouvé.
Poids moléculaire................	360	335
C pour 100......................	60,00	58,93
H pour 100......................	4,44	4,47



On peut donc représenter le dédoublement de la centauréine par l'équation suivante :

$$C^{24}H^{26}O^{13} + H^2O = C^6H^{12}O^6 + C^{18}H^{16}O^8.$$

(Centauréine.) (Glucose.) (Centauréine.)

D'après cette équation, la centauréine fournit, par hydrolyse, 34,48 pour 100 de glucose, et 68,96 pour 100 de centauréidine, alors que les chiffres trouvés à l'analyse sont respectivement de 33,68 pour 100 et de 70,77 pour 100. Le dosage des méthoxy par la méthode de Zeisel a donné les résultats suivants :

0g,2086 ont donné 0g,3453 d'iodure d'argent; $OCH^3 = 21,85$ pour 100.

0g,2095 ont donné 0g,3344 d'iodure d'argent; $OCH^3 = 21,07$ pour 100.

Le dégagement d'iodure de méthyle commence très rapidement, il est très abondant. Mais la centauréidine reste insoluble dans l'acide iodhydrique et, à la fin de l'opération, le produit de déméthylation nage dans le liquide sous forme d'un précipité rougeâtre cristallisé. Ce sont là de mauvaises conditions pour réaliser une déméthylation totale.

La couleur jaune de la centauréidine, ses diverses propriétés, nous ont fait penser qu'on devait vraisemblablement se trouver en présence d'un dérivé de la flavone. Nous n'avons pas fait de recherches sur ce point, ces recherches exigeant une quantité de produit que nous n'avions pas à notre disposition. Néanmoins on peut rappeler que la plupart des matières colorantes jaunes retirées des végétaux sont des dérivés de la flavone : chrysine, apigénine, galangine, quercétine, rhamnétine, etc.

Enfin, la formule de la flavone étant $C^{15}H^{10}O^2$, la formule que nous proposons pour la centauréidine, $C^{18}H^{16}O^8$, et la teneur en méthoxy de ce composé ne viennent pas à l'encontre de cette hypothèse.

MÉDECINE VÉTÉRINAIRE. — *La botryomycose du mouton.* Note (1) de M. Aynaud, présentée par M. Roux.

La botryomycose, en dehors du champignon de castration, peut revêtir la forme d'abcès chroniques multiples à parois très épaisses, véritables fibromes iufectieux : sous cet aspect la maladie est d'observation assez fréquente chez le cheval, exceptionnelle chez le bœuf et le porc; elle n'a pas jusqu'ici été signalée chez le mouton. Chez cette espèce elle se présente

(1) Séance du 27 novembre 1922.

sous forme d'abcès volumineux, à évolution lente; ces abcès, qui peuvent atteindre le volume des deux poings, siègent de préférence à l'angle de la mâchoire, à la pointe de l'épaule, au scrotum: d'après les renseignements que j'ai recueillis, ils ne seraient pas rares dans le gigot et l'on pourrait en observer dans les poumons. Ils contiennent un pus extraordinairement épais, ayant la consistance du mastic ou du mortier, suivant l'ancienneté des lésions. L'affection, qui est très fréquente, est manifestement contagieuse : on ne l'observe jamais à l'état sporadique; elle frappe toujours un pourcentage plus ou moins élevé de l'effectif. Une jeune chèvre, d'origine sûrement indemne, et que j'avais mise en contact avec un sujet malade, a présenté un abcès typique de l'angle de la mâchoire. La maladie frappe des animaux en parfait état, préparés pour la boucherie; les abcès ouverts spontanément ou accidentellement se cicatrisent bien, mais récidivent dans une autre région : les propriétaires découragés liquident leurs troupes.

Le contenu des abcès, inoculé même à doses élevées aux animaux de laboratoire (lapin, cobaye, souris) ne s'est jusqu'ici, sur plus de 50 essais, jamais montré virulent: en particulier l'inoculation dans le péritoine du cobaye mâle, toujours négative, permet d'éliminer les infections à bacilles de Preisz-Nocard, qui, sous la forme de suppuration caséeuse, ont dû certainement donner lieu parfois à confusion. A l'examen direct du pus, on observe toujours des cocci, prenant le gram, de taille inégale, groupés en zooglées. Par contre, les cultures sont le plus souvent négatives ; j'ai ensemencé avec dix abcès d'âge différent et non ouverts, plus de 100 tubes contenant les milieux les plus variés : quatre tubes seulement m'ont donné un staphylocoque non pigmenté; étant donnée la difficulté d'ensemencer le pus du fait de sa consistance solide, il est permis de se demander s'il ne s'agit pas d'une contamination accidentelle. En présence de ces résultats négatifs, j'ai procédé à l'examen histologique des parois des abcès.

Une paroi fibreuse très épaisse isole toujours l'abcès des tissus voisins; puis vient une couche de fibroblastes, à laquelle fait suite progressivement une zone d'infiltration cellulaire, à mononucléaires, avec plasmazellen et mastzellen. Les vaisseaux ont leurs parois extrêmement épaissies. La partie la plus interne est formée d'éléments nécrosés avec quelques foyers d'infiltration nodulaire à polyonucléaires. Dans tous les cas que j'ai étudiés, il était possible de reconnaître dans la paroi des formations identiques aux grains de la botryomycose équine : après coloration par la méthode de Gram, on observe des masses irrégulières, à contours souvent polylobés, de 50^{μ} à 200^{μ}, composés de cocci de taille inégale, Gram-positifs, enrobés dans

une gangue se colorant par les couleurs acides et nettement isolés des tissus voisins. On voit donc que l'on retrouve dans ces abcès du mouton les deux caractéristiques de la botryomycose : d'une part les grains, d'autre part la réaction fibreuse très intense qui a fait parfois décrire les botryomycomes sous le nom de fibromes infectieux.

L'existence de la botryomycose chez le mouton, espèce plus accessible à l'expérimentateur que le cheval, permettra sans doute d'éclaircir bien des points encore obscurs dans l'histoire de cette maladie.

A $16^h 15^m$, l'Académie se forme en Comité secret.

COMITÉ SECRET.

La Section de Médecine et Chirurgie, par l'organe de M. Charles Richet, remplaçant le doyen absent, présente la liste suivante de candidats pour la place vacante par le décès de M. *A. Laveran* :

En première ligne.	M. **Anatole Chauffard**
En seconde ligne, ex æquo et par ordre alphabétique	MM. **Albert Calmette** **Hyacinthe Vincent**

Les titres de ces candidats sont discutés.

L'élection aura lieu dans la prochaine séance.

La séance est levée à $17^h 20^m$.

A. Lx.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 11 DÉCEMBRE 1922.

PRÉSIDENCE DE M. ÉMILE BERTIN.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le Président annonce à l'Académie qu'en raison de la fête de Noël, la prochaine séance ordinaire aura lieu le mardi 26 décembre au lieu du lundi 25.

GÉOLOGIE. — *Sur la structure des Alpes orientales : rapports des Dinarides et des Alpes.* Note de M. Pierre Termier.

J'ai exposé dans une Note précédente ([1]) quelques résultats, considérés par moi comme désormais acquis, de l'étude géologique des Alpes orientales : d'abord sur la fenêtre des Tauern; ensuite sur la zone de racines, longue de 480^{km}, qui, de la région Nord du lac de Côme au Bachergebirge, court au sud de l'immense pays de nappes. J'ai rappelé que, dans cette zone de racines, les terrains secondaires ont, très exactement, les mêmes faciès que dans les Alpes calcaires septentrionales. En particulier, le Drauzug, prolongé à l'Ouest par la chaîne des témoins triasiques Winebach-Bruneck, à l'Est par les plis, déjà très déversés au Nord, des Karawanken et de la bordure du Bachergebirge, est certainement le faisceau des racines multiples de la *nappe austro-alpine supérieure*, elle-même complexe (die oberostalpinen Decken de L. Kober).

Au sud de la zone des racines vient le *pays dinarique*, le pays des *Dinarides* d'Eduard Suess, dont la partie italienne est souvent nommée *Alpes méridionales* (Südalpen). Les Dinarides et les vraies Alpes diffèrent

---

([1]) *Comptes rendus*, t. 175, 1922, p. 925-929.

beaucoup, soit par le faciès de leurs terrains secondaires, soit par le style tectonique, et, tant que l'on ne demande pas de fixer entre elles une limite très précise, les géologues se mettent aisément d'accord pour les distinguer. Aux Dinarides appartiennent, sans conteste : les montagnes bergamasques entre lac de Côme et Adamello; les monts du Trentin; le pays du porphyre quartzifère de Botzen et le pays des Dolomies qui lui fait suite à l'Est; les montagnes au sud de la ligne Pontebba-Tarvis et au sud de la haute Save (Triglav et Alpes juliennes); le massif de Stein (Steineralpen); et, naturellement, toute la région montagneuse qui s'en va, au Sud et à l'Est, vers l'Istrie et la Croatie. M. L. Kober rattache encore aux Dinarides le massif de la Forêt de Bakony qu'on voit surgir, entre la Drave et le Danube, du milieu des plaines; mais sur ce point je n'ai pas d'opinion personnelle.

Quels sont les rapports tectoniques des Dinarides et des Alpes, et où passe leur limite précise? J'ai dit en 1903 et j'enseigne depuis lors que les Dinarides sont montées sur les Alpes, qu'elles ont glissé sur les Alpes à la façon d'un *traîneau écraseur*, en écrasant sous leur poids et en laminant les plis alpins, transformés ainsi en des nappes à long cheminement. Aucune de mes affirmations n'a suscité plus d'orages, ni soulevé plus de critiques, du moins jusqu'au moment (1916) où M. Rudolf Staub a déclaré que, dans les Alpes suisses du Sud-Est et dans la région italienne voisine, les faits étaient conformes à ma théorie (¹). C'est surtout dans le dessein de poursuivre vers l'Est l'étude des rapports alpino-dinariques que j'ai voulu visiter, cette année, le Pustertal, les confins austro-italiens et les confins austro-slovènes. Voici les impressions qui résultent pour moi, et de ce que j'ai vu en voyage, et d'un nouvel examen des travaux antérieurs (²).

Les lambeaux de terrains secondaires qui, de Bruneck à Winebach, jalonnent un des synclinaux de la zone des racines, sont pincés dans les replis aigus d'un terrain schisteux très métamorphique, dit *Pustertaler Phyllit*, énorme masse de schistes cristallins quartzeux à séricite et à chlorite, où s'intercalent des bancs quartziteux, des assises graphitifères, plus rarement de minces lits de marbre. Dirigées vers l'Est, ces *phyllites* sont souvent verticales, presque toujours très redressées; quand elles plon-

---

(¹) R. Staub, *Zur Tektonik der südöstlichen Schweizeralpen* (*Beiträge zur geol. Karte der Schweiz*, neue Folge, 46, Berne, 1916).

(²) Travaux, surtout, de F. Teller, de MM. G. Geyer, L. Kober, G. Henny, et de Mme Marta Cornelius-Furlani.

gent, c'est habituellement au Sud. A l'ouest de Bruneck, elles confinent au massif granodioritique des Iffinger (Brixenermasse); et il semble bien qu'elles se poursuivent plus loin, jusqu'au Tonale et jusque dans la Valteline, par les *Schistes d'Edolo*. A l'est de Bruneck, elles demeurent semblables à elles-mêmes jusque vers Toblach ou Innichen; puis on les voit devenir graduellement moins métamorphiques, ou irrégulièrement métamorphiques, se mélanger de phyllades et de quartzo-phyllades, et contenir enfin des bandes de schistes mous et de calcaires rubanés (Bänderkalk) analogues à ceux que l'on connaît un peu plus loin dans le soubassement de la chaîne Carnique et dont l'âge est silurien. En même temps, la zone des phyllites se divise; des anticlinaux y ramènent de longues et larges bandes de gneiss et de micaschistes. Tout ce complexe se poursuit, sous les terrains secondaires du Drauzug, puis des Karawanken, jusqu'autour du massif du Bacher. *Il n'est pas douteux que les Pustertaler Phyllite n'appartiennent au pays alpin;* elles font partie intégrante de la zone des racines, de même que les anticlinaux de gneiss et de micaschistes et les synclinaux de Silurien qui s'intercalent au milieu d'elles.

Au sud de la vallée de la Rienz, au sud de Bruneck, de Toblach, d'Innichen, le pays des Dolomies, qui est incontestablement dinarique, repose partout sur les Pustertaler Phylliten. *La masse des phyllites plonge au Sud sous les Dinarides qui ont elles-mêmes une structure isoclinale à plongement Sud.* Entre le Permien dinarique et les phyllites, l'inclinaison du contact varie de 30° à 70°, toujours vers le Sud; sa moyenne paraît être d'environ 40°, tandis que l'inclinaison moyenne des phyllites est bien plus forte. D'un belvédère élevé, on voit très nettement la surface supérieure du pays de phyllites, issue de ce contact, continuer de monter dans le ciel en s'avançant vers le Nord, mais avec une pente graduellement diminuée. Dans le pays dinarique, Permien et Trias gardent leur inclinaison Sud jusque très loin vers le Sud; cette inclinaison diminue peu à peu, au fur et à mesure que l'on va vers le Sud, et graduellement le pays des Dolomies devient un pays tabulaire. Près du contact des phyllites, on observe dans le Permien et dans le Trias les phénomènes habituels des paquets d'écailles (Marta Cornelius-Furlani) : des répétitions d'étages donnent à la série permotriasique une épaisseur très exagérée; il y a par contre, surtout vers la base, des suppressions d'assises par laminage; à Piccolein (Gadertal), une lentille de phyllites surgit, séparée de la grande masse des phyllites par une lame de grès de Gröden; sur plusieurs points, dans le Muschelkalk, on observe des replis, avec charnières anticlinales ouvertes du côté du Sud.

Tout indique que l'ensemble des Dolomies a glissé du Sud au Nord, sur les phyllites et par conséquent sur le pays alpin. La surface de glissement a dû être autrefois plongeante vers le Nord (sans quoi le glissement eût été impossible); elle est actuellement plongeante au Sud, sous un angle qui s'exagère localement jusqu'à 70°. C'est grâce à ce mouvement de bascule de la surface de charriage, à ce brusque affaissement de l'ensemble alpino-dinarique, que les Dolomies ont été épargnées par l'érosion. La limite des Alpes et des Dinarides, entre l'Adige et Innichen, coïncide donc avec la base du Permien; et le *bord alpino-dinarique* est ici l'affleurement du contact entre Permien et phyllites. *Il n'est pas douteux qu'il n'y ait eu, dans cette région, transport des Dinarides sur les Alpes, du Sud vers le Nord.*

A l'est d'Innichen commence la chaîne Carnique, bien connue par les travaux de Stache, de Frech et de M. G. Geyer. Elle court vers Est-Sud-Est, parallèlement à la Gail qui la limite au Nord (Lessachtal et Obergailtal; graduellement grandissante; dressant jusqu'à près de 2800^m de hauteur des terrains plissés qui appartiennent au Paléozoïque (Silurien, Dévonien, peut-être aussi Dinantien); flanquée au Sud par un système d'écailles, à plongement Sud, où se superposent Ouralien, Permien et Trias; enfin, peu à peu abaissée, et comme submergée sous ce système d'écailles qui se prolonge lui-même au Sud-Est dans les montagnes calcaires et dolomitiques de la Vénétie. Il y a, dans la chaîne Carnique, deux entités tectoniques très distinctes : un pays de plis, où l'on voit des gneiss, des phyllites, du Silurien, du Dévonien, peut-être aussi du Dinantien; et, montant sur ce premier pays, un pays d'écailles où le Permien et le Trias ont les faciès dinariques et où l'on trouve, sous le Permien et concordant avec lui, de l'Ouralien fossilifère. Le pays d'écailles appartient incontestablement aux Dinarides; il est inséparable de la région des Dolomies. Le pays de plis appartient aux Alpes; il prolonge tout simplement, par des plis désormais visibles (grâce au Paléozoïque fossilifère), la zone méridionale des Pustertaler Phylliten où les plis étaient indiscernables; il ne fait qu'un avec le faisceau du Drauzug et des Gailtaleralpen; c'est lui qui apparaît près d'Untertörl à la sortie de la cluse du Gailitz, tandis que, plus à l'amont, cette même cluse, insuffisamment creusée, entame seulement la couverture dinarique; c'est lui encore qui, à Nötsch, sur la rive gauche de la Gail, contient du Dinantien fossilifère redressé et plissé. La discordance célèbre de l'Ouralien sur le Silurien, le Dévonien et le Dinantien, dans la chaîne Carnique, discordance interprétée jusqu'ici comme une discordance stratigraphique, comme la preuve que la chaîne Carnique serait un faisceau de

plis hercyniens d'âge antéouralien, bien vite usé pendant le Carbonifère moyen et recouvert ensuite par la transgression ouralienne; cette discordance, dis-je, est une discordance tectonique. Sous le Gartnerkofel et sous la Krone, qui sont des lambeaux de recouvrement dinariques, le contact de l'Ouralien et de la série paléozoïque plus ancienne est un contact anormal, un contact par charriage. Le véritable substratum originel de l'Ouralien carnique ne nous est pas connu. L'abondance des conglomérats à la base de l'Ouralien et, plus à l'Ouest, près du Kreuzberg ([1]) de Sexten, à la base du Permien, et aussi le fait que, parmi les galets de ces conglomérats, il y a des calcaires siluriens et dévoniens, prouvent toutefois que le substratum originel en question doit bien être un substratum plissé, un élément de la chaîne hercynienne : de sorte que la conclusion de mes devanciers subsiste, quant à l'histoire stratigraphique de la région carnique. Mais mon interprétation tectonique est très différente de la leur. Pour moi, *la chaîne Carnique n'est pas tout entière autochtone; elle nous montre, de la façon la plus évidente, la superposition des Dinarides aux Alpes et la translation, du Sud au Nord, des Dinarides sur les Alpes.*

A l'est du Gailitz, dans les Karawanken, le pays de plis, le pays alpin, se relève et le bord du pays d'écailles, le bord alpino-dinarique, recule un peu vers le Sud. Je pense, avec M. L. Kober, qu'il faut rattacher à la zone des racines le Hochobir et toute la bande de terrains secondaires, dirigée Ouest-Est, à laquelle le Hochobir appartient et qui conduit au bord méridional du Bachergebirge. Au sud de cette bande vient le complexe tonalitique, gneissique, phylliteux et paléozoïque d'Eisenkappel, interprété par M. L. Kober comme une étroite *cicatrice* (Narbe) séparant Alpes et Dinarides : au Nord les Alpes, couchées vers le Nord; au Sud les Dinarides qui, pour M. L. Kober, seraient couchées vers le Sud. A peu de distance au sud d'Eisenkappel court une *bande de terrains écrasés* à allure chaotique et lenticulaire, bande dirigée Ouest-Est et où l'on voit tous les étages, du Verrucano à la Hauptdolomit. Puis, continuant de marcher au Sud vers Bad Vellach, on traverse une large région de Paléozoïque, d'allure plus tranquille. Au delà, c'est le massif de Stein, incontestablement dinarique, dont ce Paléozoïque est le soubassement. Pour M. L. Kober, la *bande écrasée*

([1]) Route de Sexten à San-Stefano-di-Cadore, un peu au delà du Kreuzberg (Monte-Croce), près du Ponte-del-Pissandolo : conglomérats de la base du Permien reposant sur phyllites broyées et bouleversées. L'épaisseur de la mylonite, au contact, peut aller à 20^m.

qui court au sud d'Eisenkappel serait la racine de la *nappe de Stein*, nappe dinarique ayant cheminé du Nord au Sud.

Ici, je ne suis plus d'accord avec M. L. Kober. La *bande écrasée* est, pour moi, un paquet d'écailles dinariques profondément pincé dans un long synclinal Ouest-Est, synclinal postérieur aux charriages. Le Paléozoïque de Bad Vellach apparaît en fenêtre dans une déchirure des Dinarides. J'ai tendance à croire que ce Paléozoïque est le prolongement du pays plissé, du pays alpin, qui est l'un des éléments de la chaîne Carnique. Il n'y a pas, à mes yeux, de symétrie entre Alpes et Dinarides, de part et d'autre d'une cicatrice inexpliquée. La tonalite d'Eisenkappel est probablement une roche ancienne, d'âge primaire, comme celle des Iffinger et comme celle du Bacher. L'avancée des Dinarides sur les Alpes, du Sud vers le Nord, n'est pas moins manifeste dans la région d'Eisenkappel que dans celle de Pontebba et de Tarvis. Les nappes des Dinarides ne sont point comparables à celles des Alpes : ce sont des écailles ou, si l'on veut, des nappes du second genre; tandis que les nappes alpines sont des plis couchés. Le grand déplacement des Dinarides a été vers le Nord; leurs mouvements vers le Sud, indéniables, sont des phénomènes secondaires de *recul*, dont l'amplitude est très faible au regard de celle des grands charriages vers le Nord.

Il est désormais facile, à la lumière de ce qui précède, de tracer, depuis l'Adige jusqu'au Bachergebirge, le *bord alpino-dinarique*. Je m'attendais à le trouver quasi-rectiligne comme il paraît l'être le plus souvent entre l'Adige et le Tonale et entre le Tonale et le lac de Côme. En réalité, c'est une ligne très sinueuse, parce que c'est l'affleurement d'une surface de charriage qui est, fréquemment, peu inclinée sur l'horizon et qui, même, dans la chaîne Carnique, est parfois horizontale.

On a pu hésiter, à l'ouest de l'Adige, sur le sens de la translation relative des Dinarides et des Alpes, à cause de la quasi-verticalité de la surface de charriage et de son fréquent renversement. Mais, de l'Adige au Bacher, il n'y a plus d'hésitation possible. *Sauf quelques retours momentanés à la verticalité, comme à Eisenkappel, la surface de charriage incline au Sud : le pays dinarique surmonte le pays alpin ; les Dinarides ont bien cheminé du Sud au Nord, écrasant et laminant les Alpes.*

AÉRONAUTIQUE. — *Pressions et poids spécifiques de l'air en atmosphère normale.* Note de M. A. RATEAU.

Dans sa Note du 27 novembre [1], M. R. Soreau précise les conséquences qu'il tire du dépouillement de 80 observations par ballons-sonde et complète les indications qu'il avait données en 1919 [2]. Cette fois, les observations s'étendent sur toute une année, tandis que les 40 premières examinées avaient eu lieu presque toutes en hiver et au printemps.

M. Soreau trouve un accord complet entre ses résultats et ceux obtenus par les observations allemandes de la Station de Lindenberg. C'est ce qui était déjà signalé dans ma Communication du 12 juin 1922 [3].

Partant des formules que j'avais employées

$$z = -\mathrm{M}\log\mu, \qquad z = -\mathrm{L}\log\lambda,$$

où

z est l'altitude,
μ le rapport de la pression p à l'altitude z à la pression au niveau de la mer,
λ le rapport analogue des poids spécifiques,
M et L deux coefficients, fonctions de z, que j'avais appelés A et B,

il calcule le coefficient M et en donne les valeurs pour les altitudes 0, 1, 2, ..., 14^{km}. Puis il obtient les poids spécifiques par les différences Δp de la pression, de kilomètre en kilomètre, comme je l'avais fait moi-même, et trouve ainsi les valeurs de L.

De zéro à 11^{km}, dans la « troposphère », la courbe de M en fonction de z est sensiblement rectiligne; elle serpente légèrement autour de la droite moyenne en la recoupant quatre fois.

M. Soreau indique pour équation de cette droite

$$\mathrm{M} = 19,23 - 0,22\,z.$$

J'avais déduit des résultats de Lindenberg

$$\mathrm{M} = 19,215 - 0,221\,z.$$

Il y a presque identité [4].

---

(1) *Comptes rendus*, t. 175, 1922, p. 1041.

(2) *Comptes rendus*, t. 169, 1919, p. 818.

(3) *Comptes rendus*, t. 174, 1922, p. 1519.

(4) Je corrige ici une erreur typographique, 19,215 au lieu de 19,125, que je m'excuse d'avoir laissé passer.

En portant sur le graphique (*fig.* 1) de ma Note du 12 juin 1922 les valeurs de L données par M. Soreau (après correction de celle relative à $z = 9$, qui est 21,07 au lieu de 21,315), on constate que les points représentatifs viennent se placer presque exactement sur la courbe sinueuse 44 déduite des résultats de Lindenberg : au-dessous de $z = 5^{km}$, les points sont légèrement plus hauts que la courbe, ce qui n'est pas pour surprendre, étant donné que les observations sont très irrégulières au voisinage du sol.

Cette concordance remarquable permet de conclure que ma courbe représente très bien les rapports des densités de l'air en atmosphère moyenne. Au-dessus de 5^{km}, les écarts ne dépassent pas $\frac{2}{1000}$ en valeur relative. C'est donc cette courbe qui devrait être désormais utilisée pour les calculs de réduction des vitesses et des plafonds des avions aux densités de l'atmosphère moyenne aux diverses altitudes, en y joignant le poids spécifique moyen au niveau de la mer qui est voisin de 1,24 dans nos climats.

La courbe réelle de M ne s'écarte de la droite moyenne, dans la troposphère, jusqu'à $z = 11^{km}$, que de quelques millièmes, 2 à 3 au plus, et l'on peut pour les calculs adopter la droite sans erreur bien sensible. Mais il n'en va pas de même pour la courbe de L. Celle-ci s'écarte de la droite moyenne 33 (voir la figure 1 de la Note du 12 juin 1922) de 2,6 pour 100 à $z = 3^{km}$ et de 1,7 pour 100 à $z = 8^{km}$. Les calculs précis doivent être basés sur la courbe et non sur la droite.

D'ailleurs, il est singulier que cette droite 33, et encore moins celle indiquée par M. Soreau ($L = 23 - 0,25z$), ne correspond pas bien à celle de M.

En effet, posons $M = a - bz$.

Puisque le poids spécifique de l'air est la dérivée de la pression par rapport à z, on déduit

$$\lambda = \mu(1 - b \log \mu)^2.$$

D'où l'on tire $L = -\frac{z}{\log \lambda}$ en fonction de a, b et z. Le développement en série donne

$$L = \frac{a}{1 - 2c} - \frac{b(1 - c)}{(1 - 2c)^2} z + \frac{bc(2 - c)}{3a(1 - 2c)^3} z^2 - \ldots,$$

où $c = b\mathfrak{M}$, $\mathfrak{M}$ étant le module des logarithmes : 0,4343.

Donc, pour $a = 19,23$, et $b = 0,22$ qu'indique M. Soreau, on devrait avoir

$$L = 23,77 - 0,304 z + 0,0013 z^2 - \ldots$$

qui, entre $z = 0$ et $z = 11$, se confond sensiblement avec la droite

$$L = 23,75 - 0,29 z.$$

Mais cette droite se place franchement un peu au-dessus de la courbe 44. Il y a là une anomalie qui ne se présentait pas dans l'analyse que j'avais faite des premiers résultats de M. Soreau et que l'on ferait disparaître en adoptant pour droite moyenne de M quelque chose comme

$$M = 19,18 - 0,21 z.$$

De plus, à la *double ondulation du coefficient* M, très nette quoique faible, correspond nécessairement, ainsi que je l'ai fait remarquer dans ma Note précédente, une *double ondulation plus accusée du coefficient* L autour de la droite moyenne; la courbe devrait donc commencer, entre $z = 0^{km}$ et $z = 5^{km}$, comme $4'$ de mon diagramme, en pointillé, et non comme 4. C'est sans doute ce que l'on verra finalement lorsque les observations se préciseront davantage.

ÉLECTIONS.

L'Académie procède, par la voie du scrutin, à l'élection d'un Membre de la Section de Médecine et Chirurgie, en remplacement de M. *A. Laveran*, décédé.

Au premier tour de scrutin, le nombre de votants étant 62,

M. Hyacinthe Vincent réunit	. . . . . .	41 suffrages
M. Anatole Chauffard »	. . . . . .	18 »
M. Albert Calmette »	. . . . . .	2 »

Il y a un bulletin blanc.

M. **H. Vincent**, ayant réuni la majorité absolue des suffrages, est proclamé élu.

Son élection sera soumise à l'approbation de M. le Président de la République.

Par 24 voix, contre 1 à M. *Appell*, M. **Maurice d'Ocagne** est désigné pour représenter l'Académie dans l'*Institut de Statistique de l'Université de Paris*.

PRÉSENTATIONS.

Pour la Chaire d'*Hygiène générale dans ses rapports avec l'industrie* vacante au Conservatoire national des Arts et Métiers, M. **Pottevin** est

désigné comme candidat de première ligne par l'unanimité de 42 suffrages.

M. **Blondel** est désigné comme candidat de deuxième ligne par 17 suffrages, contre 3 à M. *Razous* et 1 bulletin blanc.

M. **Razous** est désigné comme candidat de troisième ligne par l'unanimité de 21 suffrages.

En conséquence, la liste présentée à M. le Sous-Secrétaire d'État de l'Enseignement technique comprendra :

En première ligne . . . . M. **Pottevin**
En deuxième ligne . . . . M. **Blondel**
En troisième ligne. . . . . M. **Razous**

CORRESPONDANCE.

Sir **William H. Bragg**, élu Correspondant pour la Section de Physique générale, adresse des remercîments à l'Académie.

M. **A. Lebeuf** adresse des remercîments pour la subvention qui lui a été accordée sur la *Fondation Loutreuil.*

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur les substitutions rationnelles à deux variables.* Note de M. **Gaston Julia**.

1. Soit

$$S[x, y \mid X, Y] \tag{1}$$

une substitution rationnelle à deux variables ayant en O un point double répulsif aux multiplicateurs $(s, \sigma)\left[|s| > 1, |\sigma| > 1, \frac{\log s}{\log \sigma}\right.$ n'étant ni un entier ni l'inverse d'un entier$\left.\right]$. Les fonctions inverses des fonctions méromorphes de M. Picard satisfont aux équations de Schrœder :

$$\begin{cases} \varphi(X, Y) = s\,\varphi(x, y), \\ \psi(X, Y) = \sigma\,\psi(x, y). \end{cases} \tag{2}$$

Elles sont indépendantes et je les appellerai *fonctions aux multiplicateurs s et σ.*

En prenant

$$X = sx + \ldots, \qquad Y = \sigma y + \ldots,$$

on peut supposer

$$\varphi = x + \ldots, \qquad \psi = y + \ldots,$$

les termes non écrits étant au moins du deuxième degré. Et l'on voit que toute fonction à multiplicateur λ, holomorphe à l'origine,

$$(3) \qquad f_1(X, Y) = \lambda f_1(x, y)$$

n'existe que si $\lambda = s^i\sigma^j$, i et j étant des entiers $\geqq 0$ et elle est alors égale à $\varphi^i\psi^j$ si l'on n'a pas $s^m = \sigma^n$ pour m et n entiers > 1 premiers entre eux. Si l'on a une telle relation, toute fonction à multiplicateur $\lambda = s^{i_0}\sigma^{j_0}[0 \leqq i_0 < m, j_0 \geqq 0]$ sera de la forme $\varphi^{i_0}\psi^{j_0}P_k(\varphi^m\psi^{-n})$, P_k polynome arbitraire de degré k tel que $kn \leqq j_0$.

Ces fonctions à multiplicateur conduisent à un invariant nouveau de S : les *familles à un paramètre de courbes analytiques invariantes par* S, c'est-à-dire telles que S échange simplement entre elles les courbes de la famille. Il est clair d'abord que

$$(4) \qquad f_1(x, y) = \alpha,$$

α étant un paramètre assez petit, représente une de ces familles lorsque f_1 admet le multiplicateur λ. D'ailleurs toute famille, telle que par un point voisin de O ne passe qu'une courbe de la famille ([1]), se ramène à celle-là, car si $f(x, y) = \alpha$ est l'équation d'une telle famille, résolue par rapport au paramètre α ([2]), on devra avoir $f(X, Y) = \alpha_1 = g(\alpha)$. Il faudra que $g(0) = 0$, et $g'(0) \neq 0$. Si $g'(0) = \lambda$, on pourra trouver une fonction $\gamma(\alpha) = \alpha + \ldots$ holomorphe en O telle que $\gamma[g(\alpha)] = \lambda\gamma(\alpha)$. Donc $\gamma[f(x, y)] = f_1(x, y)$ sera une fonction à multiplicateur λ, holomorphe en O et la famille considérée admet l'équation $f_1(x, y) = \alpha$ équivalente à l'équation proposée au voisinage de O.

Toute famille régulière en O, invariante par S, se représente par l'équation $f_1 = \varphi^{i_0}\psi^{j_0}P_k[\varphi^m\psi^{-n}] = \alpha$, P_k étant nul si $s^m\sigma^{-n}$ n'est jamais égal à 1, i_0 et j_0 étant alors quelconques.

1° On retrouve les courbes invariantes issues de O $[f_1(x, y) = 0]$;

2° Il existe *une infinité de multiplicités à trois dimensions invariantes par* S; *ce sont des lieux de courbes analytiques dépendant d'un paramètre réel.*

([1]) Une telle famille est dite *régulière en* O.

([2]) Nous supposons le domaine restreint au voisinage de O, $f(x, y)$ holomorphe autour de O et $f(0, 0) = 0$.

Considérons en effet, dans le plan α, une spirale logarithmique invariante par la substitution $|\alpha|s^i\sigma^j\alpha|$ (si $s^i\sigma^j$ est réel, ce sera une droite). Lorsque α décrira cette spirale, la courbe $f_1(x, y) = \alpha$ engendrera une des multiplicités précédentes. Il y a une infinité de telles spirales (rotation autour de O). Si $s^i\sigma^j$ est réel, ou bien si son argument est $2\pi\frac{p}{q}$, on pourra remplacer la spirale par une droite ou un ensemble de q droites en étoile issues de O et l'on obtiendra une multiplicité analytique en O, si P_k est nul, ou formée de q nappes analytiques en O; si l'argument de $s^i\sigma^j$ est incommensurable à 2π, O est un point asymptote et la courbe $f_1 = 0$ est une espèce d'asymptote.

Toutes les considérations précédentes sont encore valables au voisinage d'un point double attractif $|s| < 1$, $|\sigma| < 1$. On les étend aussitôt aux substitutions à n variables.

II. Chemin faisant, on a trouvé toutes les fonctions $f(x, y)$, holomorphes en O, telles que $f(X, Y)$ ne soit fonction que de $f(x, y)$: ce sont toutes les fonctions de $f_1(x, y)$, car, d'après ce qui précède, si l'on a

$$f(X, Y) = g[f(x, y)],$$

on aura aussi

$$f(x, y) = G[f_1(x, y)],$$

G étant la fonction inverse de γ.

Quelle que soit la fonction g telle que $g(0) = 0$, $g'(0) = \lambda = s^i\sigma^j$, il existe une fonction G holomorphe en O, et par conséquent une solution de $f(X, Y) = g[f(x, y)]$ holomorphe en O.

En particulier, $g(\alpha)$ peut être rationnelle en α; la fonction G est alors méromorphe dans le cas du point double répulsif. Mais dans le domaine d'existence $\mathfrak{D}_0$ des fonctions φ et ψ, ces fonctions sont multiformes en général, en sorte que les solutions holomorphes en O de

$$(5) \qquad f(X, Y) = R[f(x, y)]$$

existent dans $\mathfrak{D}_0$ et y sont multiformes en général. Mais il peut arriver qu'elles soient uniformes, bien qu'il n'en soit pas ainsi des φ et ψ. Soient, en effet, $\Sigma[\xi, \eta|, f(\xi, \eta)|, F(\xi, \eta)]$ une substitution *birationnelle* admettant O pour point double, $R(z)$ et $R_1(z)$ deux fonctions rationnelles quelconques telles que $R(0) = R_1(0) = 0$, $|R'(0) = s| > 1$, $|R'_1(0) = \sigma| > 1$. Les deux équations

$$(6) \qquad \begin{cases} f(X, Y) = R[f(x, y)], \\ F(X, Y) = R_1[F(x, y)] \end{cases}$$

définissent X, Y comme fonctions rationnelles de x, y, la substitution $S|x, y|X, Y|$ n'étant pas birationnelle et il est clair que les équations (6) admettent des solutions f et F holomorphes en O, rationnelles, donc uniformes. Dans ce cas, si l'on désigne par ρ la substitution rationnelle $[z, z_1 | R(z), R_1(z_1)]$, la substitution S ne sera autre que $\Sigma^{-1}\rho\Sigma$. C'est la transformée, par une substitution birationnelle, d'une substitution rationnelle à variables séparées.

Si l'on fait l'itération d'une telle substitution S, à partir d'un petit volume entourant O, les circonstances sont tout à fait analogues à celles de l'itération à une variable. Le domaine ω_0 laisse à l'extérieur au plus quatre courbes algébriques qui sont

$$f(x, y) = \theta, \qquad F(x, y) = \theta_1,$$

θ et θ_1 étant les deux valeurs exceptionnelles possibles dans l'itération de R et R_1. Les fonctions de M. Picard correspondantes prennent toutes les valeurs simultanées dont aucune n'est égale à θ ou θ_1. O est limite de cycles de points de S et même de cycles de courbes algébriques, etc. Tout ce qu'on peut dire des ensembles singuliers de l'itération de R et de R_1 donne une conclusion pour l'itération de S. Il est facile de voir que, malgré les paramètres arbitraires de ρ et Σ, on n'obtient pas ainsi les substitutions rationnelles les plus générales, d'autres circonstances, qui ne peuvent trouver place ici, pouvant se produire.

ALGÈBRE. — *Développement des déterminants en fonction de déterminants à espaces axiaux vides.* Note de M. **Maurice Lecat.**

Soient, représentés par leur élément général placé entre barres, d'abord

$$D_{n.p} \equiv \left| \mathfrak{L}\left(\overset{\cup}{\beta}_1, \ldots, \overset{\cup}{\beta}_{j-1}; \overset{\cap}{\beta}_j, \ldots, \overset{\cap}{\beta}_{k-1}; \overset{\cup}{\beta}_k, \ldots, \overset{\cup}{\beta}_l; \overset{\cap}{\beta}_{l+1}, \ldots, \overset{\cap}{\beta}_n\right)\right|_p$$

un déterminant de classe n, d'ordre p et d'espèce $n+k-j-l$; ensuite

$$D^{(0)}_{n.p} \equiv \left| \mathfrak{L}\left(\overset{\cup}{\beta}_1, \ldots, \overset{\cup}{\beta}_{j-1}; \overset{\cap}{\beta}_j, \ldots, \overset{\cap}{\beta}_{k-1}; \overset{\cup}{\beta}_k, \ldots, \overset{\cup}{\beta}_l; \overset{\cap}{\beta}_{l+1}, \ldots, \overset{\cap}{\beta}_n\right)(1-\delta_{\beta_k, \ldots, \beta_n})\right|_p$$

le déterminant déduit de $D_{n,p}$ en y vidant un espace axial, ε, à k dimensions; enfin

$$D^{\varepsilon}_{k,p} \equiv \left| \mathfrak{L}\left(\overset{\cup}{\omega}_1, \ldots, \overset{\cup}{\omega}_{j-1}; \overset{\cap}{\omega}_j, \ldots, \overset{\cap}{\omega}_{k-1}; \overset{\overset{k-j}{\cap}}{\omega}{}^{[1]}_k, \ldots \omega^{[n-k+1]}_k\right)\right|_p$$

le déterminant, de classe k, d'ordre p et d'espèce $k-j+\delta_{-1,(-1)^{k-j}}$, de ε. Les nombres entre crochets ne servent qu'à numéroter, non pas à différencier, les lettres qui en sont affectées. Les signes $\cap$, $\cup$ surmontent les indices res-

pectivement signants et non signants; $^{\theta}$ représente ou suivant que θ est impair ou pair. En vue de la commodité les , sont répartis en quatre groupes juxtaposés et, conséquemment, les éléments du symbole de Kronecker sont des indices consécutifs : ce choix ne diminue en rien la généralité.

Pour passer de $D_{n,p}$ à $D_{n,p}^{(0)}$ on efface les termes renfermant un élément au moins de ε. L'ensemble des termes à supprimer est la somme, pour $\pi = 1, \ldots, p-1$, des sommes des produits formés chacun en multipliant un sous-déterminant

$$\begin{aligned} D_{k,\pi}^{(\varepsilon)}[\alpha] &\equiv D_{k,\pi}^{(\varepsilon)}(\alpha_1^{(1)}, \ldots, \alpha_1^{(\pi)}; \ldots; \alpha_k^{(1)}, \ldots, \alpha_k^{(\pi)}) \\ &\equiv \left| \mathfrak{L}\left(\sigma_1, \ldots, \sigma_{j-1}; \sigma_j, \ldots, \sigma_{k-1}; \overset{k-j}{\sigma_k^{(1)}}, \ldots, \sigma_k^{(n-k+1)}\right) \right|_{\sigma_i = \alpha_i^{(1)}, \ldots, \alpha_i^{(\pi)};\ i = 1, \ldots, k,} \end{aligned}$$

d'ordre π (et de classe k), de $D_{k,p}^{(\varepsilon)}$, par le mineur complémentaire, d'ordre $p - \pi$ et de classe n, pris dans $D_{n,p}^{(0)}$, c'est-à-dire par le sous-déterminant

$$\begin{aligned} D_{n,p-\pi}^{(0)}[\alpha] &\equiv D_{n,p-\pi}^{(0)}(\alpha_1^{(1)}, \ldots, \alpha_1^{(\pi)}; \ldots; \alpha_k^{(1)}, \ldots, \alpha_k^{(\pi)}) \\ &\equiv \left| \mathfrak{L}\left(\tau_1, \ldots, \tau_{j-1}; \tau_j, \ldots, \tau_{k-1}; \tau_k, \ldots, \tau_l; \tau_{l+1}, \ldots, \tau_n\right)(1 - \delta_{\tau_k, \ldots, \tau_n}) \right| \end{aligned}$$

$$\tau_\lambda = 1, \ldots, \alpha_\lambda^{(1)} - 1, \alpha_\lambda^{(1)} + 1; \ldots; \alpha_\lambda^{(\pi)} - 1, \alpha_\lambda^{(\pi)} + 1, \ldots, p; \qquad \lambda = 1, \ldots, k-1;$$
$$\tau_k, \ldots, \tau_n = 1, \ldots, \alpha_k^{(1)} - 1, \alpha_k^{(1)} + 1; \ldots; \alpha_k^{(\pi)} - 1, \alpha_k^{(\pi)} + 1, \ldots, p,$$

affecté du signe donné par (-1) à la puissance

$$e(\alpha) = \sum_{\varphi=1}^{\pi} \left\{ (k-j)\alpha_k^{(\varphi)} + \sum_{\mu=j}^{k+1} \alpha_\mu^{(\varphi)} \right\};$$

or, les $D_{n,1}^{(0)}$ étant tous nuls, il suffira d'attribuer à π les valeurs $1, \ldots, p-2$; donc

$$D_{n,p} = D_{n,p}^{0} + D_{k,p}^{(\varepsilon)} + \sum_{\pi=1}^{p-2} \sum_{\alpha} (-1)^{e(\alpha)} D_{k,\pi}^{(\varepsilon)}[\alpha]\, D_{n,p-\pi}^{(0)}[\alpha],$$

la sommation étant telle que $\alpha_i^{(1)}, \ldots, \alpha_i^{(\pi)}$ est, pour $i = 1, \ldots, k$, une combinaison de $1, \ldots, p$.

En particulier, si ε est, dans $D_{n,p}$, un domaine d'éléments x, on a

$$\begin{aligned} D_{n,p}(x) &= \left| \mathfrak{L}\left(\beta_1, \ldots, \beta_{j-1}; \beta_j, \ldots, \beta_{k-1}; \beta_k, \ldots, \beta_l; \beta_{l+1}, \ldots, \beta_n\right)(1 - \delta_{\beta_k, \ldots, \beta_n}) + x\,\delta_{\beta_k, \ldots, \beta_n} \right|_p \\ &= D_{n,p}^{(0)} + x \sum_{\alpha} (-1)^{e(\alpha)} D_{n,p-1}^{0}[\alpha] + \delta_{k,j} \left\{ (p!)^{k-1} x^p + \sum_{\rho=2}^{p-2} (\rho!)^{k-1} x^\rho \sum_{\alpha} (-1)^{e(\alpha)} D_{n,p-\rho}^{0}[\alpha] \right\}, \end{aligned}$$

le terme en $\delta_{k,j}$ s'évanouissant si $D_{k,p}^{(\varepsilon)}$ (et les mineurs) ne sont pas des permanents.

Examinons brièvement les principaux cas de dégénérescence.

a. Les déterminants $D^{\varepsilon)}$ sont des quasi-persignants (nous appelons ainsi les déterminants de classe impaire à non-signance unique), si, k étant impair, j vaut 1 ou 2; en effet, les déterminants primitifs

$$D_{\frac{1}{2}} = \left| \mathfrak{L}\left(\overset{\cup}{c_1}, \overset{\cap}{c_2}, \ldots, \overset{\cap}{c_{2\gamma}}; \overset{\cup}{c_{2\gamma+1}}, \ldots, \overset{\cup}{c_{n-2\nu-1}}, \overset{\cup}{\overset{\cap}{c_{n-2\nu}}}, \overset{\cap}{c_{n+2\nu+1}}, \ldots, \overset{\cap}{c_n} \right) \right|$$

donneront respectivement

$$D_{\frac{1}{2}}^{\varepsilon)} = \left| \mathfrak{L}\left(\overset{\cup}{s_1}, s_2, \ldots, \overset{\cap}{s_{2\gamma}}; \overset{\cup}{\overset{\cap}{s^{[1]}_{2\gamma+1}}}, \ldots, s^{[n-2\gamma]}_{2\gamma+1} \right) \right| \qquad k = 2\gamma + 1;$$

on voit en outre que D (comme les $D^{0)}$) est aussi un quasi-persignant si k vaut respectivement l ou $l+1$, et qu'il est un persignant si $j = 1$, $k = l + 1$ (impair).

Cas remarquable. — D étant un quasi-persignant, $D^{\varepsilon)}$ est affecté de deux non-signances si k, pair, vaut $l + 1$ et si $j = 2$:

$$\left| \mathfrak{L}\left(c_1; c_2, \ldots, c_{2\gamma-1}; c_{2\gamma}, \ldots, \overset{\cap}{c_{2\nu-1}} \right) \right| \Rightarrow \left| \mathfrak{L}\left(\overset{\cup}{s_1}; s_2, \ldots, s_{2\gamma-1}; \overset{\cup}{s^{[1]}_{2\gamma}}, \ldots, s^{2[\nu-\gamma]}_{2\gamma} \right) \right|.$$

b. En général, les $D^{\varepsilon)}$ sont des persignants si, k étant pair, $j = 1$; car $(k = 2\gamma)$

$$\left| \mathfrak{L}\left(\overset{\cap}{c_1}, \ldots, c_{2\gamma-1}; c_{2\gamma}, \ldots, c_{n-2\nu-1}; \overset{\cap}{c_{n-2\nu}}, \ldots, \overset{\cap}{c_n} \right) \right| \Rightarrow \left| \mathfrak{L}\left(\overset{\cap}{s_1}, \ldots, \overset{\cap}{s_{2\gamma-1}}; s^{[1]}_{2\gamma}, \ldots, s^{[n-2\gamma+1]}_{2\gamma} \right) \right|;$$

si, en outre, $k = l$ ou $l + 1$, D dégénère en quasi-persignant ou en persignant :

$$\left| \mathfrak{L}\left(\overset{\cap}{c_1}, \ldots, c_{2\gamma-1}; c_{2\gamma}; c_{2\gamma+1}, \ldots, \overset{\cap}{c_{2\nu-1}} \right) \right|, \qquad \left| \mathfrak{L}\left(\overset{\cap}{c_1}, \ldots, c_{2\gamma}; c_{2\gamma+1}, \ldots, \overset{\cap}{c_{2\nu}} \right) \right|.$$

c. En général, les $D^{(\varepsilon)}$ sont des permanents (de classe k) si $j = k$; car

$$\mathfrak{L}\left(c_1, \ldots, c_{k-1}; c_k, \ldots, c_{n-2\nu}; c_{n-2\nu+1}, \ldots, \overset{\cap}{c_n} \right) \Big| \Rightarrow \overset{+}{\Big|} \mathfrak{L}\left(s_1, \ldots, s_{k-1}; \overset{\cup}{s^{[1]}_k}, \ldots, s^{[n-k+1]}_k \right) \overset{+}{\Big|}.$$

Si $k = 1$, ε se réduit à l'axe de D : on dira qu'on a un *développement à la Cayley*, cet algébriste l'ayant donné, le premier, pour le cas, encore beaucoup plus spécial, des détournements ordinaires.

Si, avec $j = k$, on a $n = l$, D aussi est un permanent. Si D est un quasi-persignant, $D^{\varepsilon)}$ ne peut être un permanent que si k n'est pas supérieur à 2; et cette classe sera 2 ou 1, suivant que $j = l + 1$ ou $j = l$. Si D est un

persignant, $D^{(\varepsilon)}$ pourra encore être un permanent, mais à une seule dimension (¹).

NOMOGRAPHIE. — *Sur de nouveaux nomogrammes à points alignés applicables, en particulier, à des problèmes de navigation et leur réalisation mécanique.* Note de M. **Lucien Mouren**, présentée par M. d'Ocagne.

Les analogies de Néper peuvent être représentées par des nomogrammes circulaires à points alignés dont les échelles ont pour supports la circonférence du cercle et un diamètre.

Si nous prenons comme exemple l'équation

$$\operatorname{tang}\frac{A+B}{2} = \frac{\cos\frac{a-b}{2}}{\cos\frac{a+b}{2}}\operatorname{cotang}\frac{C}{2}$$

dans laquelle A, B, C représentent les trois angles d'un triangle sphérique et a et b deux côtés, le nomogramme correspondant comprend quatre échelles circulaires $\left(\frac{A+B}{2}, a, b, C\right)$ et deux échelles rectilignes (variables auxiliaires). Il permet d'obtenir A + B en fonction des trois éléments supposés connus a, b, C.

Le nomogramme de l'équation corrélative donne A − B en fonction des mêmes éléments. La connaissance de A + B et de A − B entraîne immédiatement celle de A et B.

Les deux nomogrammes peuvent être disposés de manière à avoir toutes leurs échelles communes ; ils forment alors en réalité un seul nomogramme à cinq variables : $\frac{A+B}{2}$, $\frac{A-B}{2}$, a, b, c.

Un tel nomogramme permet de déterminer deux éléments d'un triangle sphérique, dont trois éléments consécutifs sont connus.

(¹) Dès 1910 (*Leçons sur la théorie des déterminants à n dimensions*, p. 57-59; cf. *Abrégé de la théorie des déterminants*, p. 52-54), nous avons esquissé cette théorie, mais d'une manière assez vague et particulière, pour les permanents, les persignants et les quasi-persignants. Le lecteur pourrait consulter notre Mémoire *Sur la décomposition des pénédéterminants et déterminants*, apud *Rend. Circ. mat. Palermo*, t. 44, 1920, p. 69-81, travail qui a aidé à l'élaboration de la présente Note.

Il est très général, car le triangle sphérique peut être absolument quelconque.

Les nomogrammes dont il vient d'être question jouissent des deux propriétés principales suivantes :

1° Les échelles circulaires sont toutes régulières;

2° Les couples de points correspondants des deux échelles rectilignes forment une involution.

De ces deux propriétés il résulte que, d'une part, la construction des nomogrammes est d'une très grande simplicité, et, d'autre part, il est possible d'en envisager une réalisation mécanique d'un grand intérêt pratique.

Nous avons utilisé un nomogramme de ce genre pour résoudre plusieurs problèmes de navigation et, notamment, déterminer la variation d'un ompas à bord d'un navire. Ainsi, dans ce dernier cas, un simple graphique, comprenant une circonférence graduée en degrés et deux échelles rectilignes, l'une graduée en millimètres, l'autre obtenue par projection de la première, peut remplacer l'une des volumineuses tables qui ont été établies pour la résolution de ce problème.

Sur le principe des nomogrammes précédents on peut réaliser un appareil dans lequel divers organes mécaniques, dont la description sera donnée dans un Mémoire spécial, font marquer simultanément par des aiguilles indicatrices, sur les graduations correspondantes, les valeurs des cinq éléments du triangle entre lesquels l'appareil établit les liaisons voulues.

Cet appareil permet de résoudre un triangle sphérique dont on connaît trois éléments quelconques. Son emploi serait particulièrement indiqué pour faciliter la résolution d'un grand nombre de problèmes de navigation, parmi lesquels on peut citer la détermination des droites de hauteur, la détermination de l'azimut d'un astre, la reconnaissance d'un astre, les problèmes de la navigation orthodromique, la détermination des coordonnées d'un lieu par deux observations, etc.

Parmi d'autres applications possibles, à terre, nous citerons la préparation de certaines observations astronomiques et le pointage astronomique de l'artillerie.

Un appareil d'essai a été construit. Il permet d'obtenir les deux éléments inconnus avec une approximation d'une dizaine de minutes de degrés. Cette approximation serait suffisante pour les besoins de la navigation aérienne ; elle ne l'est pas pour certaines applications à la navigation maritime; mais l'appareil serait susceptible d'améliorations matérielles importantes propres à en augmenter considérablement la précision.

MÉCANIQUE. — *A propos d'une Note de M. Borel.*
Note de M. **M. Amoroso Costa**, présentée par M. Émile Borel.

On sait que dans un champ newtonien infini, sensiblement homogène, avec une densité matérielle moyenne supérieure à un nombre fixe, le potentiel en chaque point est infini.

L'univers fini de M. Einstein échapperait à cette difficulté.

Dans une Note récente [1], M. Borel a montré cependant qu'il est possible de définir une distribution de masses s'étendant à l'infini et quasi périodique, avec une densité moyenne nulle.

On peut remarquer que cette dernière condition, quoique nécessaire, n'est pas suffisante pour que le potentiel reste fini.

En effet, soient sur un axe, dont il suffit de considérer la partie positive, des masses égales à l'unité, situées aux distances croissantes

$$d_n \, (n = 1, 2, \ldots, \infty)$$

du point O. Le potentiel en O sera, à un facteur constant près :

$$\mathfrak{P} = \sum_{n=1}^{\infty} \frac{1}{d_n}.$$

Pour que cette série à termes positifs décroissants soit convergente, il faut, mais il ne suffit pas que l'on ait

$$\lim_{n=\infty} \frac{n}{d_n} = 0,$$

c'est-à-dire que la densité moyenne soit nulle.

On peut donc, à l'aide d'une série divergente remplissant cette condition, définir une distribution de masse s'étendant à l'infini, et avec une densité moyenne nulle, dans laquelle cependant le potentiel de la gravitation devient infini. Il suffit, par exemple, de prendre, $n = 1$ étant exclu,

$$d_n = n(\log n)^{\rho} \qquad \text{avec} \qquad 0 < \rho \leqq 1.$$

Dans l'ensemble défini par M. Borel, la structure de la région comprise entre l'origine et le point d'abscisse $10^p (p = 1, 2, \ldots, \infty)$ se reproduit à partir de ce point, suivie d'un espace vide qui la sépare du point 10^{p+1} et qui augmente

---

[1] *Comptes rendus*, t. 174, 1922, p. 977.

avec p. On peut obtenir des ensembles présentant ce même caractère de quasi-périodicité, et avec densité moyenne nulle, mais avec potentiel infini.

A cet effet, prenons d'abord d_n tel que ces deux conditions soient remplies. Conservons fixes les masses pour lesquelles on a

$$n = 2^{p-1} + 1$$

et posons

$$d_{2^{p-1}+1} = \delta_p.$$

Dans l'intervalle compris entre O et δ_p, il existe le même nombre $2^{p-1} - 1$ de masses qui se trouvent entre δ_p et δ_{p+1}, les extrémités étant exclues. On peut déplacer ces dernières masses de façon que la structure de la région O δ_p soit reproduite à partir de δ_p. Les masses déplacées se rapprochent de l'origine; le potentiel reste donc infini. D'autre part, la densité moyenne tend toujours vers zéro.

D'ailleurs on vérifie aisément que, dans l'exemple de M. Borel, le potentiel est fini.

ASTRONOMIE. — *La planète Comas Solà du 26 novembre 1922 : son identité avec (629) Bernardina.* Note de Mlle **O. Jasse**, présentée par M. Bigourdan.

Le 26 et le 27 novembre 1922, M. Comas Solà, directeur de l'Observatoire de Barcelone, photographiait une planète de 13e grandeur, dans les positions suivantes :

1922.	T. m. Gr.	Æ. (1922,0)	D. (1922,0)
Novembre 26	$11^h 55^m$	$4^h 59^m 54^s$	$+18° 25',8$
27	$11^h 43^m$	$4^h 59^m 4^s$	$+18° 28',0$

Ces positions ne s'accordaient avec aucune des éphémérides de planètes connues : la planète parut donc nouvelle.

Nous lui appliquâmes la méthode d'identification que M. L. Fabry a exposée dans le *Bulletin astronomique*, t. 30, p. 49. En supposant la distance du Soleil à la projection de la planète sur l'écliptique égale à 2,8, les deux observations précédentes donnent :

$$\left.\begin{array}{r} \Omega = 96^c,083 = 86°29' \\ i = 11^c,957 = 10°46' \end{array}\right\} \text{Équinoxe moyen 1922,0.}$$

Opposition en longitude : 6 décembre 1922.

Sur la liste des planètes étant en opposition en novembre et décembre 1922, nous en trouvons une, (629) Bernardina, pour laquelle, quoique la seule distance 2,8 ait été essayée, la longitude du nœud et l'inclinaison de l'orbite ont des valeurs voisines de celles données ci-dessus. La concordance est suffisante pour faire soupçonner l'identité.

(629) Bernardina n'ayant plus été observée depuis 1907, année de la découverte, l'éphéméride du B. J. donne des positions très différentes de la réalité. Ainsi, pour le 26 novembre :

$$\text{Obs.} - \text{Calc.} = +1^h.1^m,0 \qquad +4^\circ.33'.$$

Il reste donc à examiner si, par un changement convenable de M dans les éléments de (629) Bernardina, on obtient une position et un mouvement concordant suffisamment avec les observations. Calculant alors la position de cette planète avec les éléments de la *Connaissance des Temps* pour 1915, on constate que, pour amener la concordance parfaite en Æ, il faut corriger M de $+8^c,744$, correction tout à fait acceptable pour des éléments datant de quinze ans et calculés avec une seule opposition. On obtient alors, pour la déclinaison, l'écart obs. -- calc. $= -3',0$. De plus, le mouvement calculé concorde aussi avec le mouvement observé. L'identité de cette planète avec (629) Berardina est donc certaine.

Nous en avons calculé une éphéméride qui paraîtra prochainement dans les *Circulaires de l'Observatoire de Marseille;* l'astre pourra être suivi quelques mois encore.

ASTRONOMIE PHYSIQUE. — *Observations du Soleil, faites à l'Observatoire de Lyon, pendant le deuxième trimestre de* 1922. Note de M. **J. Guillaume**, présentée par M. B. Baillaud.

Il y a eu 80 jours d'observations dans ce trimestre (¹) et les principaux faits qu'on en déduit se résument ainsi :

Taches. — Les groupes de taches ont diminué en nombre dans le rapport de cinq à deux, avec 13 au lieu de 32 (²), et leur aire totale de cinq sixièmes, avec 578 millionièmes au lieu de 3461.

Dans leur répartition, il y a eu 11 groupes en moins au sud de l'Équateur (3 au lieu de 14) et 8, en moins également, au nord (10 au lieu de 18). On n'a observé

(¹) Avec l'aide de Mlle Bloch.

(²) *Comptes rendus*, t. 175, 1922, p. 87.

aucune tache dans l'hémisphère austral pendant le mois d'avril, fait que nous n'avions pas noté depuis mars 1914, et, à l'époque correspondante, antérieurement au *minimum* de 1912, en juin 1911.

La latitude moyenne de l'ensemble des groupes a passé de — 9°,7 à — 10°,7, d'une part, et de + 9°,5 à + 7°,8, d'autre part.

Enfin, le nombre des jours où le disque solaire a été noté *sans tache* est de 38 au lieu de 9, soit un nombre proportionnel de 0,48, pour ce trimestre, au lieu de 0,12, précédemment.

Régions d'activité. — Le nombre des groupes de facules est un peu supérieur à celui du trimestre précédent (62 au lieu de 57), mais leur surface totale est moindre (39,2 millièmes au lieu de 49,4).

Les changements survenus dans la répartition de ces phénomènes, par hémisphère, sont de 7 groupes en moins au sud (20 au lieu de 27) et de 12 groupes en plus au nord (42 au lieu de 30).

Tableau I. — *Taches.*

Dates extrêmes d'observ.	Nombre d'observations.	Pass. au mér. central.	Latitudes moyennes. S.	Latitudes moyennes. N.	Surfaces moyennes réduites.
		Avril. — 0,42.			
28- 8	12	3,2		+11	77
1- 7	7	6,5		+10	40
23-29	6	26,6		+ 6	20
24- 1	6	30,2		+ 6	29
	24 j.		»	+ 8°,3	
		Mai. — 0,41.			
1-8	8	3,4		+ 9	289
2	1	6,3	—15		7
11	1	11,0		+ 5	2
		Mai (suite).			
24- 1	9	30,0		+ 8	39
	29 j.		—15°,0	+7°,3	
		Juin. — 0,59.			
7-13	4	10,5		+ 9	7
9-12	3	12,2		+ 5	5
16-17	2	13,1	— 9		35
11-13	3	17,2		+ 9	17
21-22	2	20,9	— 8		11
	27 j.		— 8°,5	+ 7°,7	

Tableau II. — *Distribution des taches en latitude.*

1922.	Sud. 90°-40°	40°-30°	30°-20°	20°-10°	10°-0°	Somme.	Nord. Somme.	0°-10°	10°-20°	20°-30°	30°-40°	40°-90°	Totaux mensuels.	Surfaces totales réduites.
Avril........	»	»	»	»	»	0	4	3	1	»	»	»	4	166
Mai.........	»	»	»	1	»	1	3	3	»	»	»	»	4	337
Juin........	»	»	»	»	2	2	3	3	»	»	»	»	5	75
Totaux ...	»	»	»	1	2	3	10	9	1	»	»	»	13	578

Tableau III. — *Distribution des facules en latitude.*

1922.	Sud. 90°-40°	40°-30°	30°-20°	20°-10°	10°-0°	Somme.	Nord. Somme.	0°-10°	10°-20°	20°-30°	30°-40°	40°-90°	Totaux mensuels.	Surfaces totales réduites.
Avril........	5	»	»	1	2	8	8	3	5	»	»	»	16	13,2
Mai.........	3	»	»	2	3	8	16	6	7	1	»	2	24	14,7
Juin........	1	»	»	»	3	4	18	4	3	5	»	6	22	11,3
Totaux....	9	»	»	3	8	20	42	13	15	6	»	8	62	39,2

GRAVITATION. — *Calcul direct du déplacement périhélique séculaire des planètes dans l'hypothèse où la gravitation est d'origine électrique. Application à la planète Mercure.* Note de M. L. **Décombe**, présentée par M. Daniel Berthelot.

Si la gravitation reconnaît une origine électrique, on doit pouvoir l'identifier avec l'attraction des charges électriques (e) fictivement portées par tous les éléments matériels des divers corps. Il suffit en effet de poser

$$e = m\sqrt{\varphi},$$

m désignant la masse mécanique de l'élément matériel et φ la constante de l'attraction universelle pour que la loi de Coulomb appliquée aux charges e se confonde avec la loi de Newton, appliquée aux masses m (1).

Nous avons montré que cette hypothèse permet de calculer le moment magnétique de la Terre et du Soleil et de retrouver, aussi exactement que possible, les valeurs expérimentales correspondantes, en ayant égard au pouvoir diélectrique moyen de ces deux astres (2).

Poursuivons le développement de ce point de vue. A cet effet, cherchons à évaluer l'action exercée par le Soleil sur une planète déterminée *en tenant compte des phénomènes d'induction électrique* qui, en première approximation, pouvaient être considérés comme négligeables. En d'autres termes, supposons que la distance des deux astres tombe un peu au-dessous de la valeur pour laquelle l'influence de l'induction électrique commence à devenir appréciable.

Soient M la masse du Soleil, m celle de la planète, $M\sqrt{\varphi}$ et $m\sqrt{\varphi}$ les charges fictives équivalentes, r la distance des deux astres. La charge fictive $M\sqrt{\varphi}$ du Soleil engendre un champ électrostatique H qui, à la distance r, a pour valeur $\frac{M\sqrt{\varphi}}{r^2}$. Ce champ agit par induction sur la planète et lui communique un moment électrique

$$\mathfrak{M} = \frac{K-1}{K+2}a^3 H,$$

(1) *Comptes rendus*, t. 175, 1922, p. 872. Moyennant, bien entendu, une convention convenable sur le signe ou sur le sens de l'action de ces charges fictives.

(2) *Loc. cit.*

a désignant le rayon du globe planétaire et K son pouvoir diélectrique moyen.

En même temps, et par un mécanisme semblable, la planète communique au Soleil un certain moment électrique qui réagit à son tour sur elle. Il en résulte, pour l'action pondéromotrice exercée par le Soleil sur la planète, une série de termes correctifs que l'on peut calculer de proche en proche comme dans la théorie bien connue des images électriques. De tous ces termes, le plus important, et à beaucoup près (dans les conditions ici envisagées), est celui qui résulte de l'action du champ électrique solaire $H = \frac{M\sqrt{\varphi}}{r^2}$ sur un doublet possédant le moment électrique $\mathfrak{M}$. Cette action est attractive et égale, en valeur absolue, à $\mathfrak{M}\frac{\partial H}{\partial r}$; elle s'ajoute au terme newtonien $\varphi\frac{Mm}{r^2}$, le seul qui subsiste aux très grandes distances.

On doit donc écrire pour la force qui détermine effectivement le mouvement planétaire dans les conditions indiquées

$$f = \varphi\frac{Mm}{r^2} + \left|\mathfrak{M}\frac{\partial H}{\partial r}\right|,$$

soit, après substitutions :

$$f = \varphi\frac{Mm}{r^2}\left(1 + 2\frac{M}{m}\frac{a^3}{r^3}\frac{K-1}{K+2}\right).$$

Le terme complémentaire compris dans la parenthèse est toujours extrêmement petit et ne modifie, en conséquence, que très légèrement les lois képlériennes du mouvement. Il est facile de voir, en particulier, qu'il implique une avance séculaire du périhélie exprimé par la formule

$$\varepsilon = 3\frac{M}{m}\frac{a^3}{A^3}\frac{N}{1-\frac{13}{4}e^2}\left(\frac{K-1}{K+2}\right), \tag{1}$$

où A désigne le demi-grand axe de l'orbite, e son excentricité et N le nombre de révolutions par siècle.

Les quantités $\mathfrak{M}$, m, a, A, N et e sont parfaitement connues pour chaque planète. Si l'on suppose que l'avance séculaire du périhélie soit attribuable au seul phénomène que nous considérons ici [1], la formule précédente

[1] Il est facile de voir que les actions magnétiques susceptibles d'intervenir à titre perturbateur sont absolument négligeables devant le terme correctif, d'origine électrique, $\mathfrak{M}\frac{\partial H}{\partial x}$ que nous envisageons ici. Mais certaines actions accessoires d'ordre électrique, d'une évaluation plus délicate, peuvent aussi, du moins *a priori*, entrer en ligne de compte.

permettra de calculer cette quantité en fonction du pouvoir diélectrique moyen K de la planète. Réciproquement, et sous la même réserve, on peut, au moyen de la formule (1), évaluer le pouvoir diélectrique moyen d'une planète, connaissant le déplacement séculaire ε de son périhélie.

Application à la planète Mercure. — Pour cette planète, la partie de l'avance périhélique non attribuable aux perturbations planétaires est, au minimum, de 38″ par siècle. On posera donc

$$\varepsilon = 38'' = 0{,}000184 \text{ radian}.$$

De plus, pour Mercure,

$$\frac{\mathfrak{M}}{M} = 595.10^4; \qquad \frac{a}{A} = \frac{1}{24500}; \qquad e^2 = 0{,}042; \qquad N = 415.$$

De la formule (1) on tire alors aisément,

$$K = 2{,}4,$$

valeur qui concorde parfaitement avec celle que nous avons obtenue, *en première approximation*, pour le pouvoir diélectrique moyen de la Terre calculé, d'après les mêmes principes, à partir de son moment magnétique expérimental. Réciproquement, *si l'on admet pour le pouvoir diélectrique de Mercure une valeur moyenne égale à* 2,4 *la formule* (1) *donne exactement pour le déplacement séculaire du périhélie de cette planète les* 38″ *non attribuables à l'action des autres planètes.*

La même formule appliquée à Vénus (dans l'hypothèse $K = 2{,}4$) fournit pour cette planète une avance périhélique d'environ 2″,5 par siècle, quantité très certainement inférieure aux erreurs d'observation. Pour les autres planètes on obtient des valeurs tout à fait inappréciables.

PHYSIQUE. — *La rigidité des gelées. Influence d'un cristalloïde dissous.* Note de M. **F. Michaud**, présentée par M. Marcel Brillouin.

L'étude des propriétés mécaniques des gelées est importante, non seulement parce que nous atteignons avec ces corps la limite extrême de l'état solide, mais surtout à cause de la répercussion qu'une telle étude ne peut manquer d'avoir en biologie. Il était particulièrement intéressant de rechercher l'influence d'un corps dissous, minéral ou organique, sur le module de rigidité d'une gelée. J'y suis arrivé en utilisant la nouvelle

méthode exposée récemment [1], et qui m'a permis de mesurer, par un procédé commode et sûr, des modules de rigidité 130 fois plus faibles que ceux atteints précédemment par Schwedoff. Pour repérer les déformations du gel, j'ai seulement remplacé les grains de gomme gutte, qu'auraient attaqués certains corps dissous, par des grains de charbon animal purifié. J'ai vérifié, en mettant des quantités variables de ces grains, que leur présence ne modifie en rien la rigidité des gelées.

Le nombre des mesures effectuées a été d'environ 200. Je dois me borner à présenter ici les résultats les plus généraux et les plus saillants. On trouvera, dans un autre Recueil un Mémoire plus étendu avec des tableaux de mesures et des courbes.

Le corps dissous était ajouté à chaud dans la solution; on laissait ensuite la liqueur se prendre en gelée par refroidissement, puis on mesurait sa rigidité.

Action des acides et des bases. — Les acides et les bases diminuent beaucoup le module de rigidité des gelées de gélose ou de gélatine. Toutefois cette action, malgré sa vigueur, n'en est pas moins un effet de masse qui ne doit pas être confondu avec les phénomènes d'adsorption des ions hydrogène étudiés par la nouvelle école physico-biologique américaine.

Un acide fort, ajouté en petite quantité à une gelée consistante de gélatine, agit plus, à concentration moléculaire égale, qu'une base forte.

Si la gelée est très diluée, le résultat est inverse.

La dissymétrie dans l'action des acides et des bases se traduit encore par une différence d'allure des courbes : l'action de l'acide est à peu près linéaire, celle de la base serait plutôt parabolique. Il en résulte que si l'on ajoute à une gelée concentrée un acide ou une base en quantité croissante, la base finit par agir davantage, à concentration moléculaire égale, que l'acide.

Pour les gelées de gélose, la disposition des courbes est inverse : l'action de la base est linéaire, et celle de l'acide parabolique.

Essayons d'interpréter ces faits à la lumière de la théorie des gels telle qu'elle est actuellement admise depuis les beaux travaux de Loeb [2].

La gélatine est un électrolyte amphotère qui se comporte comme un acide faible avec les bases, et comme une base faible avec les acides : elle possède donc simultanément une fonction acide et une fonction basique.

---

(1) *Comptes rendus*, t. 174, 1922, p. 1282.

(2) Voir J. Duclaux, *Les colloïdes* (Gauthier-Villars, 1922).

Ces deux fonctions ne sont d'ailleurs pas symétriques : la fonction acide est la plus forte. On s'explique alors la période d'hésitation qui marque le début de l'action d'une base : il y a d'abord une neutralisation, et c'est seulement lorsque le milieu devient nettement alcalin que l'affaiblissement de la rigidité commence à se manifester. Un acide, par contre, en présence de la gélatine qui est déjà par elle-même électronégative, ne pouvait manquer d'avoir une action plus franche et plus régulière.

Mais il se trouve en outre que la soude, par exemple, abaisse plus le module de rigidité du gélatinate de sodium que l'acide chlorhydrique celui du chlorure de gélatine. Il en résulte que la base, ajoutée en quantité notable, donne finalement un affaiblissement moléculaire plus grand que l'acide.

Pour les gelées très diluées, la neutralisation est immédiate, et c'est pourquoi la base, même au début, agit alors plus que l'acide.

La gélose se comportant de façon inverse, on peut sans doute en inférer que sa fonction basique est plus forte que sa fonction acide.

Action des sels minéraux. — Il était à prévoir, d'après ce qui précède, que l'action d'un sel minéral devait dépendre de son état d'hydrolyse. C'est en effet ce qui a lieu. Pour un sel non hydrolysé, l'ordre de grandeur de l'abaissement moléculaire de la rigidité est environ dix fois moindre que celui d'un acide ou d'une base.

Action des substances organiques. — L'action des substances organiques est très variable. Le saccharose, la dextrose, la lévulose, la mannite, la glycérine n'ont presque pas d'action sur les gelées de gélatine ou de gélose.

L'urée, l'uréthane, l'acétamide agissent à peu près comme un sel minéral.

La résorcine, l'hydroquinone et surtout le tannin ont une action affaiblissante énorme comparable à celle d'un acide ou d'une base.

ÉLECTRO-OPTIQUE. — *Remarques sur le travail de M. E. Hjalmar concernant la série* M *des éléments.* Note (1) de MM. **A. Dauvillier** et **Louis de Broglie**, présentée par M. Brillouin.

Les belles mesures spectrographiques récemment présentées à l'Académie par M. E. Hjalmar (2) confirment d'une manière remarquable les

(1) Séance du 4 décembre 1922.

(2) *Comptes rendus*, t. 175, 1922, p. 878.

précisions théoriques que nous avons formulées ([1]) au sujet de la structure des spectres des rayons Röntgen des éléments. Comme on le sait, les théories de Bohr et de Sommerfeld ne considèrent que 5 niveaux M et O et 7 niveaux N, alors que nous en trouvons respectivement 6 et 10. On peut passer des notations de M. Hjalmar aux nôtres en élevant d'une unité l'indice des premiers et en se référant au Tableau suivant pour les niveaux N :

Hjalmar...........		N_1	N_2			N_3	N_4	N_5	N_6	N_7
Nous-mêmes.......	N_1	N_2	N_3	N_4	N_5	N_6	N_7	N_8	N_9	N_{10}

Nous reproduisons ci-après la partie de notre Tableau de combinaisons intéressant les séries M. Ces signes désignés par des lettres grecques par Hjalmar y sont incluses avec la même notation. Les autres sont désignées par leurs longueurs d'ondes (en unités X) pour l'uranium. Les astérisques indiquent comme précédemment les autres lignes prévues par nous et non encore découvertes.

Les attributions de Hjalmar appellent quelques remarques :

1° Il trouve deux satellites de α, de part et d'autre de cette raie et interprète celui de haute fréquence α' (comme d'ailleurs ceux de β et de γ) comme des raies d'étincelle faute de pouvoir les combiner. Or nous avions prévu α' et il est remarquable de constater que le groupe $M\alpha'\alpha_1\alpha_2$ présente la même structure et les mêmes rapports d'intensité que le groupe $L\alpha_3\alpha_1\alpha_2$ observé par l'un de nous dans la série L des éléments lourds.

2° Hjalmar observe deux satellites de β de plus haute fréquence, sauf dans le cas de l'uranium où il en trouve trois. Or nos prévisions n'en indiquaient que deux et le troisième β''' répond à la combinaison M_1O_4 et ne serait donc pas à rapprocher de β.

3° Les deux lignes désignées par Hjalmar par γ' et γ'' ne semblent pas non plus être des satellites de γ, mais bien les lignes prévues M_2P_1 et M_2P_2.

4° La ligne trouvée par Hjalmar entre ses combinaisons M_5N_5 et M_4N_4 semble répondre à la combinaison M_5N_6.

L'examen de notre Tableau montre en outre que ce ne sont pas seulement deux ou trois combinaisons prévues qui n'ont pas été observées, mais un bien plus grand nombre (une trentaine) qui ne pourront l'être que par l'emploi d'une plus grande dispersion. Néanmoins les mesures de Hjalmar sont déjà suffisantes pour faire apparaître la structure des séries M :

1° La série M_6 possède la même structure que L_3 et N_{10} et répond à la formule $(3, s) - (m, p)$, où $m = 4, 5, 6$. Elle est formée de lignes d'égale intensité formant des doublets réguliers du type K se resserrant vers la

([1]) *Comptes rendus*, t. 175, 1922, p. 685 et 755.

limite d'absorption M_6. Les deux termes de plus haute fréquence sont encore à dédoubler.

2° La deuxième série « sharp » $(3, p) - (m, s)$, où $m = 4, 5, 6, 7$, comprend par exemple les combinaisons :

$$(N_{10} M_5, N_{10} M_4), \quad (O_6 M_5, O_6 M_4), \quad (P_3 M_5, P_3 M_4), \quad \text{limites } M_5, M_4.$$

Les trois composantes de haute fréquence n'ont pas été observées.

3° La deuxième série « diffuse » $(3, p) - (m, d)$, où $m = 4, 5$, qui constitue une autre partie des séries précédentes, a les quatre composantes de plus grande intensité reconnues. Les fortes lignes γ et δ doivent avoir la structure triple de α.

Tableau.

Niveaux de départ	Quanta équatoriaux, » radiaux, » de latitude	» azimutaux	M_6 120 (1, s)	M_5 111 (2, p)	M_4 210 (2, p)	M_3 102 (3, d)	M_2 201 (3, d)	M_1 300 (3, d)
N_{10}	130	1, s		3321	4326			
N_9	121	2, p	2909			★	★	★
N_8	220	2, p	2750			★	★	4929
N_7	112	3, d		ε	3514			
N_6	211	3, d		»	γ			
N_5	310	3, d		★	★			
N_4	103	4, b				★	★	★
N_3	202	4, b				β	★	α_2
N_2	301	4, b				β''	★	α_1
N_1	400	4, b				β'	★	α'
O_6	120	1, s		★	3107			
O_5	111	2, p	★			3570	★	★
O_4	210	2, p	2299			★	★	3700
O_3	102	3, d		2439	★			
O_2	201	3, d		★	δ			
O_1	300	3, d		★	★			
P_3	110	1, s		★	★			
P_2	101	2, p	2248			★	3466	3515
P_1	200	2, p	★			★	3459	★
Q	100	1, s		★	★			

(Colonnes d'en-tête : Doublets réguliers, Niveaux de départ, Doublets irréguliers, Quanta équatoriaux, » radiaux, » de latitude, » azimutaux ; Niveaux d'arrivée (séries spectrales).)

(La règle empirique de sélection de Coster (règle a, b) s'explique en remarquant que les lettres a et b correspondent à la parité et à l'imparité du nombre de quanta azimutaux.)

4° La quatrième série $(3, d) - (m, p)$, où $m = 4, 5, 6$, est caractéristique de la série M ainsi que la suivante. Quelques-uns de ses termes ont été trouvés par Hjalmar, mais ses composantes diffuses devront être analysées.

5° Enfin la série du type Bergmann $(3, d) - (m, b)$, où $m = 4$, doit encore posséder de faibles satellites non résolus.

Il peut paraître surprenant que les niveaux P_1 et P_2 aient pu être distingués pour l'uranium dans la série N_{10} par Dolejseck, alors que O_1 et O_2, cependant de plus hautes fréquences, ne l'aient pas été par Hjalmar dans la série M. La raison en est que les premiers forment un doublet régulier qui — de même que L_1 L_2 — est très écarté en fréquences pour les éléments lourds, tandis que les seconds constituent un doublet irrégulier — comme $M_1 M_2$ — qui est aussi serré pour les éléments lourds que pour les plus légers.

En résumé, il ne semble exister aucune ligne d'étincelle dans les séries M des éléments lourds, et seules les deux raies 2673 et 2709X de l'uranium échappent au principe de combinaison, alors que les 25 autres vérifient pleinement nos prévisions théoriques.

MICROGRAPHIE. — *Appareil de microphotographie.* Note de M. G. Durante, présentée par M. Henneguy.

Deux reproches sont adressés à la photographie microscopique : la difficulté d'obtenir des images nettes ailleurs que dans le plan optique dès que l'on aborde des grossissements même moyens; l'encombrement et surtout le prix élevé de ces appareils.

Les appareils photo-micrographiques peuvent être rangés dans deux catégories :

Dans les appareils *horizontaux*, où le foyer lumineux est dans l'axe du microscope, le centrage de la lumière, très délicat, oblige souvent à de longs tâtonnements. Pour les éviter, Zeiss, Koritzka ont monté la lampe, le condensateur et le système optique sur un axe rigide ou des glissières rigoureusement rectilignes, nécessitant des ajustages très précis qui en font un meuble volumineux, difficilement transportable, et d'un prix inabordable aux laboratoires qui ne sont pas richement dotés.

Les appareils *verticaux*, où la lumière, placée en un point quelconque, est réfléchie par le miroir du microscope, sont essentiellement constitués par une chambre noire à soufflet ajustée sur le tube de l'oculaire. Tel est le modèle de Cogit, peu encombrant, mais sans stabilité suffisante. Spencer aux États-Unis, Nachet, Koritzka, dans un nou-

veau modèle, ont soutenu cette chambre verticale par un ou plusieurs piliers métalliques qui, en dehors du poids et de l'encombrement, ont singulièrement majoré le prix de l'appareil.

Je présente aujourd'hui un dispositif qui paraît réaliser une solution du problème plus pratique que les précédentes.

C'est un appareil léger, facilement transportable et assez simple pour pouvoir être établi sans frais considérables tout en donnant des résultats aussi bons que les dispositifs les plus perfectionnés, tant pour les clichés en noir que pour les photographies en couleur.

Dans les appareils précédents, le foyer lumineux et le microscope étaient à l'air libre; la plaque sensible seule était renfermée dans une chambre noire à soufflet.

J'ai renversé le problème en enfermant hermétiquement le foyer lumineux et le microscope de façon qu'aucun rayon ne puisse passer, sauf par l'oculaire; la plaque sensible, au contraire, portée sur un simple support, se manœuvre à l'air libre.

Cela oblige à opérer dans le cabinet noir, ce qui est peu important et ne vaut que mieux pour la mise au point, mais supprime la chambre à soufflet qui représentait la partie chère des instruments précédents.

Pour maintenir le foyer lumineux en milieu clos, il fallait une lampe chauffant peu. Il en existe à l'usage des petits cinématographes, mais, comme elles marchent sur 12 volts, un rhéostat était nécessaire pour pouvoir utiliser les prises de lumière courantes.

L'appareil que nous présentons a été construit par M. Dusseris sur mes indications complétées pour certains détails pratiques par les conseils de M. Baron.

En ordre de marche, il a la forme et les dimensions d'une boîte de microscope dont une des parois rabattue horizontalement porte le rhéostat et le système éclairant enveloppé dans un manchon étanche à la lumière. La lampe a un filament en V, qui, présenté en pointe, réalise un foyer vraiment punctiforme, ce qui importe pour la netteté de l'image. Les rayons postérieurs sont récupérés par un miroir étudié pour éviter le double foyer qui se produirait avec un miroir sphérique. Miroir, lampe et condensateur sont renfermés dans un tube articulé, afin de pouvoir diriger le faisceau lumineux sur le miroir du microscope dont la hauteur varie selon les modèles. Le rhéostat en toile d'amiante, pour en diminuer le poids, donne trois intensités lumineuses différentes.

Pour opérer, on dispose dans la boîte le microscope, du reste quelconque,

dont on veut se servir, l'oculaire sortant par un orifice ménagé dans la paroi supérieure. Le porte-plaque coulisse sur un tube rigide vissé sur la boîte, mais démontable.

L'éclairage se règle en manœuvrant le miroir du microscope comme pour un examen ordinaire; la mise au point se fait ensuite sur le verre dépoli dont on fixe la hauteur selon les dimensions que l'on désire donner à l'image.

Il ne reste plus alors qu'à procéder à l'impression de la plaque sensible en remplaçant la manœuvre de l'obturateur par l'allumage et l'extinction de la lampe.

Après usage, on relève la planchette. Le rhéostat et le système d'éclairage s'escamotent à l'intérieur de l'appareil, où vient trouver place également le porte-plaque, et le tout se réduit à une boîte de faibles dimensions, peu encombrante, et assez légère pour être facilement transportable.

Outre sa simplicité qui permet de l'exécuter à des prix très modérés par rapport à ceux des autres appareils similaires, ce dispositif présente d'autres avantages.

Aucun soufflet ne limite le tirage. On peut donc par simple éloignement de la plaque obtenir de très forts grossissements avec des objectifs faibles, c'est-à-dire plus pénétrants, ce qui est intéressant pour l'étude d'objets non débités en coupes minces.

En fixant le microscope dans la boîte et en la couchant sur le côté, on réalise enfin un appareil de *projection microscopique* qui, pour un grossissement moyen, donne à 2^m (à 3^m avec une lampe un peu plus forte) une image assez lumineuse pour pouvoir être vue par un auditoire restreint.

ÉLECTRICITÉ. — *Sur l'ionisation de la vapeur de mercure en présence d'argon.* Note de M. Georges Déjardin, présentée par M. G. Urbain.

Lorsqu'un mélange d'hélium et de vapeur de mercure est traversé par des électrons de vitesse croissante, le mercure est ionisé (ou subit un accroissement d'ionisation) dès que le potentiel accélérateur des électrons dépasse le premier potentiel critique de l'hélium, égal à 20,4 volts. L'analyse du rayonnement émis par le mélange montre en outre que cette ionisation est accompagnée d'une modification remarquable des spectres d'arc et d'étincelle du mercure.

J'ai recherché, au moyen de l'appareil décrit sommairement dans une

Note précédente (¹), si des phénomènes analogues se produisent dans les mélanges d'argon et de vapeur de mercure.

Il est aisé de rendre la pression de la vapeur de mercure extrêmement faible en intercalant entre le tube à trois électrodes et la pompe à diffusion servant à faire le vide une ampoule de forme convenable entourée de neige carbonique. Un dispositif spécial permet d'introduire dans l'appareil de l'argon rigoureusement pur (²) sous une pression variant de quelques microns à 12^{mm}. L'examen des courbes représentant les variations du courant électronique en fonction du potentiel accélérateur montre que l'ionisation résultant de chocs d'atomes de mercure et d'électrons de vitesse supérieure à la vitesse critique d'ionisation (correspondant à 10,4 volts) est inappréciable. La première discontinuité nette, indiquant le début d'une ionisation notable, correspond à 11,3 volts environ; elle est d'autant plus marquée que la pression de l'argon est plus élevée.

Si l'on supprime la neige carbonique, la pression de la vapeur de mercure dans l'appareil (pression maximum correspondant à la température ambiante) est voisine de $1^{\mu},5$. Les courbes de courant présentent alors deux discontinuités séparées par un intervalle de 0,9 volt (à 0,1 volt près). La première indique le début de l'ionisation du mercure par chocs directs (10,4 volts), la seconde résulte d'un accroissement d'ionisation dont l'importance augmente avec la pression de l'argon et son origine est évidemment la même que celle de la discontinuité unique observée lorsque la pression de la vapeur de mercure est beaucoup plus faible.

Le potentiel appliqué augmentant ensuite progressivement, on observe un accroissement brusque du courant lorsque la charge spatiale des électrons est complètement neutralisée, et simultanément, une luminosité devient visible au voisinage des électrodes. Le potentiel correspondant (potentiel d'illumination) dépend de la forme des électrodes et, pour un gaz unique, de la pression. Avec l'appareil utilisé, ne contenant que de la vapeur de mercure pure sous une pression de $1^{\mu},5$ environ, le potentiel d'illumination est voisin de 16 volts. Pour les mélanges de vapeur de mercure et d'hélium, sa valeur est supérieure à la précédente; les chocs des électrons et des atomes d'hélium étant parfaitement élastiques (au-dessous de 20,4 volts), l'hélium exerce sur l'effet de répulsion mutuelle des électrons

---

(¹) *Comptes rendus*, t. 175, 1922, p. 952.

(²) L'argon a été spécialement purifié par M. A. Lepape, à qui je suis heureux d'offrir mes plus vifs remercîments.

une influence équivalente à une augmentation de la distance des électrodes. Avec l'argon, on observe au contraire un abaissement du potentiel d'illumination, l'accroissement d'ionisation dû à la présence du gaz contribuant en effet à neutraliser la charge d'espace au voisinage du filament. La différence, déjà sensible pour une pression d'argon de quelques microns, atteint plusieurs volts pour une pression de quelques dixièmes de millimètre. La plus petite valeur observée, égale à 11,6 volts, correspond à une pression de $1^{mm},5$ environ. Si l'on dépasse cette limite, le potentiel d'illumination augmente légèrement et devient, par exemple, égal à 12,5 volts pour une pression de 8^{mm}. Lorsque le potentiel d'illumination est inférieur au potentiel d'ionisation de l'argon, les courbes de courant présentent une discontinuité, correspondant à 15 volts environ, indiquant le début de l'ionisation de l'argon par chocs directs.

Ces observations ont été complétées par l'étude photographique, limitée au champ spectral 3600-5000 A., des radiations émises par le mélange. Entre 11,3 volts et le potentiel d'illumination, on obtient sur les clichés, pour une durée de pose suffisante, les raies intenses du *spectre d'arc* du mercure. L'émission de ces raies, localisée entre la grille et la plaque, doit être attribuée à la fois aux chocs directs et à l'action ionisante de l'argon. Le potentiel d'illumination étant dépassé, le spectre de la luminosité visible dans le tube se compose du *spectre d'arc* du mercure, tel qu'on l'observe avec la vapeur de mercure pure, et du *spectre rouge* de l'argon. Ce dernier, tout d'abord très faible, est *considérablement renforcé* lorsque le potentiel accélérateur dépasse 15 volts. L'émission de ces spectres, particulièrement intense entre le filament et la grille, doit être attribuée en grande partie à des actions multiples (chocs d'électrons lents et d'atomes anormaux). La raie d'étincelle 3984 du mercure est visible, avec son intensité normale, sur les clichés relatifs à des potentiels supérieurs à 20 volts. A partir de 35 volts, on observe l'apparition des raies du *spectre bleu* de l'argon.

L'ensemble des résultats précédents s'interprète aisément en admettant qu'il existe pour des électrons traversant une atmosphère d'argon une première vitesse critique correspondant à 11,3 volts environ et que la radiation de résonance émise par le gaz dans ces conditions ionise la vapeur de mercure. Cette ionisation n'est accompagnée d'aucune modification notable du spectre du mercure, analogue à celle qui se produit en présence d'hélium. L'argon ne semble d'ailleurs exercer qu'une faible action sélective sur le

second spectre de l'hydrogène ([1]) et sur le spectre du cadmium ([2]). Il est possible que l'influence particulière de l'hélium soit due au quantum élevé des radiations émises par ce gaz à partir de 20,4 ([3]) et de 21,2 volts.

Les résultats précédents sont en accord avec ceux des expériences d'Horton et Miss Davies ([4]) [d'après lesquelles l'argon possède un potentiel de radiation égal à 11,5 volts] et de mes observations antérieures sur l'ionisation de l'argon et l'excitation des spectres de ce gaz par des électrons de faible vitesse ([5]).

CHIMIE ANALYTIQUE. — *Dosage extemporané, à l'aide d'une seule goutte d'eau de mer, du magnésium dans les eaux marines.* Note ([6]) de M. G. **Denigès**, présentée par M. Charles Moureu.

Le magnésium est, après le sodium, le cation le plus abondant des eaux marines. Son dosage, dans ces eaux, par gravimétrie, sans offrir des difficultés particulières, est long et méticuleux, peu applicable dans une étude en croisière, par exemple, ou lorsqu'il faut multiplier les prélèvements en surface ou en diverses profondeurs. Il nécessite, en outre, un certain volume du liquide qui le renferme.

Sans atteindre absolument sa rigueur, mais le suivant de très près à ce point de vue, le procédé que nous allons faire connaître permet d'obtenir, *en opérant sur une seule goutte d'eau de mer*, des résultats numériques suffisamment approchés, en quelques minutes, sans avoir besoin de balances, filtres, fours à incinérer ou dessiccateurs.

Il repose sur une réaction qualitative découverte par Schlagdenhaufen ([7]), successivement modifiée par Grimbert ([8]), Bellier ([9]), enfin par nous-même ([10]), et qui consiste en une coloration rougeâtre, puis en un précipité d'aspect rappelant l'hydrate ferrique donné par les sels magnésiens solubles

([1]) Merton et Barratt, *Phil. Trans.*, t. 222, 1922, p. 369.
([2]) Collie et Watson, *Proc. Roy. Soc.*, t. 95, 1918, p. 115.
([3]) Seulement en présence d'impuretés, d'après Franck et Knipping.
([4]) *Proc. Roy. Soc.*, t. 97, 1920, p. 1.
([5]) *Comptes rendus*, t. 172, 1921, p. 1347 et 1483.
([6]) Séance du 20 novembre 1922.
([7]) *Journal de Pharmacie et de Chimie*, 4e série, t. 27, 1878, p. 378.
([8]) *Ibid.*, 6e série, t. 23, 1906, p. 237.
([9]) *Ibid.*, p. 378.
([10]) *Bulletin de la Soc. de Pharm. de Bordeaux*, 46e année, 1906, p. 225.

lorsqu'on les traite par l'hypo-iodite de potassium ou par les générateurs de ce sel (IK additionné d'un hypo-chlorite ou d'un hypo-bromite alcalin).

On s'explique mal pourquoi cette réaction, qui date de plus de 40 ans et qui a été ratifiée par les recherches de plusieurs chimistes, est à peine connue. On ne la trouve pas dans la plupart des Ouvrages de chimie analytique et les dernières éditions françaises des Ouvrages de Fresenius et de Treadwell ne la signalent même pas.

Elle est cependant d'une grande sensibilité et facile à mettre en œuvre.

De plus, nous avons trouvé qu'en l'appliquant dans certaines conditions, elle permettait un dosage extrêmement aisé et rapide de l'ion Mg dans les eaux marines sans que le grand excès de NaCl de ces eaux amène une perturbation quelconque, si l'on prend les dispositions qui vont être indiquées.

Matériel de dosage. — 1° Treize tubes à essai, aussi semblables que possible, de 16^{mm} à 18^{mm} de diamètre.

2° Deux compte-gouttes G et G′ de débit connu.

Réactifs. — 1° Solution mère de sulfate de magnésium cristallisé, à 10 pour 100 très exactement.

2° Solution étalon, E, du même sel telle qu'une goutte, prélevée avec G (à débit de m gouttes par centimètre cube) et mélangée à (5^{cm^3} moins 1 goutte) d'eau, corresponde, par la teneur en Mg du mélange, à une solution de $MgCl^2$, anhydre, à $0^g,01$ par litre. Cette solution sera préparée à l'aide de la précédente étendue, pour cela, à $\frac{m}{386 \times 2} = \frac{m}{772}$, 386 étant 100 fois le rapport $(MgSO^4 + 7\,H^2O) : MgCl^2$.

3° Hypobromite de sodium des laboratoires (brome : $0^{cm^3},5$; lessive de soude : 5^{cm^3}; eau : 10^{cm^3}) tout récent et étendu au dixième. Le brome sera avantageusement prélevé avec un long tube, presque capillaire et effilé, jaugé au préalable à $0^{cm^3},5$.

4° Solution aqueuse de KI à 10 pour 100.

5° Solution aqueuse de Na Cl à 3 pour 100.

Opération. — Mettre dans 12 des tubes à essai, successivement :

5^{cm^3} (tube témoin); 5^{cm^3} — 2 gouttes; 5^{cm^3} — 3 gouttes...; 5^{cm^3} — 12 gouttes, d'eau distillée, puis, à partir du deuxième tube, inclus et successivement, 2, 3, 4,.., 12 gouttes, de la solution E, comptées avec G.

Enfin, dans chacun des 12 tubes ajouter 1 goutte, comptée avec G′ (débit n gouttes au centimètre cube), de la solution de NaCl et $0^{cm^3},5$ de la solution de KI.

Dans le treizième tube, introduire 5^{cm^3} d'eau distillée, $0^{cm^3},5$ de la solution d'iodure et 1 goutte de l'eau de mer à analyser prélevée avec G′.

Après mélange, ajouter, dans chacun des 13 tubes, 2 gouttes [1] du réactif BrONa en les espaçant du temps nécessaire (2 à 3 secondes) pour les mélanger au contenu des dits tubes.

Après 2 à 3 minutes de contact et sans dépasser 15 à 20 minutes, c'est-à-dire avant que toute floculation se produise dans ces milieux colloïdaux peu stables, comparer le contenu du tube à eau de mer avec les étalons, soit directement, soit au colorimètre.

Supposons que la coloration du liquide du tube correspondant à l'eau de mer soit comprise exactement entre celle des liquides du sixième et du septième tube. On dira que cette eau renferme par litre : $6^g,50 \times \frac{20}{n}$ de Mg, compté en Cl^2Mg ou encore, très approximativement, le quart de cette valeur d'ion magnésium.

Nous avons ainsi trouvé, en ion Mg, par litre et parmi un très grand nombre de dosages : océan Pacifique, $1^g,13$; Atlantique (Guéthary), 1^g18; Méditerranée (près Messine), $1^g,30$; mer Rouge (en rade de Suez), 1^g70.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur l'acide méthylisopyromucique et une méthode de diagnose des acides du groupe des sucres.* Note de MM. **L.-J. Simon** et **A.-J.-A. Guillaumin**.

Dans son remarquable travail [2] sur l'acide isopyromucique G. Chavanne l'a obtenu à partir de la lactone arabonique de la même manière qu'à partir de l'acide mucique [3], par distillation avec le bisulfate de potassium.

Il a établi sa formule, qui a été ensuite confirmée synthétiquement par Blaise et Gault [4]. La transformation de la lactone arabonique en acide isopyromucique s'exprime par une déshydratation :

$$CH^2OH - (CHOH)^3 - CO^2H \rightarrow \underbrace{CH = C - CH = C(OH) - CO}_{O}.$$

Ce corps doit résulter, selon Chavanne, de la même réaction appliquée

---

(1) Cette dose est très inférieure à celle qui correspond à la limite d'action du réactif, surtout avec les fortes doses de Mg, mais c'est elle qui a été reconnue la plus efficace pour établir une détermination quantitative régulière dans le cas ici étudié.

(2) *Ann. Chim. Phys.*, 8e série, t. 3, 1904, p. 507-574.

(3) *Comptes rendus*, t. 130, 1900, p. 255.

(4) *Comptes rendus*, t. 148, 1909, p. 176.

aux *biacides* des hexoses et aux monoacides des pentoses. Il était intéressant d'examiner au même point de vue un méthylpentose.

Disposant d'une petite quantité de rhamnose nous avons préparé la lactone rhamnonique et l'avons soumise au même traitement. Le résultat a été celui qu'on pouvait prévoir :

$$CH^3-CHOH-(CHOH)^3-CO^2H \rightarrow CH^3-\underbrace{C=C-CH=C(OH)-CO}_{O}.$$

Les particularités de l'opération sont les mêmes qu'avec l'acide mucique ou la lactone arabonique, y compris le rendement, qui est voisin de 8 pour 100 : 120^g de lactone ont fourni ainsi 10^g de produit, avec lesquels ont été obtenus les résultats suivants :

La substance obtenue est odorante; colorée en jaune elle peut être obtenue incolore par sublimation ou par cristallisation dans l'acide acétique; la cristallisation dans l'eau, même en présence de noir de sang, est impuissante à la décolorer. Elle est volatile avec la vapeur d'eau.

Cette matière fond à 133° et recristallise par refroidissement. Très soluble dans tous les solvants organiques et même dans l'eau chaude, elle est notablement moins soluble dans l'eau froide que l'acide isopyromucique.

Sa grandeur moléculaire a été déterminée cryométriquement dans l'acide acétique (trouvé : 126,5-127; calculé, 126). La comparaison des deux substances au point de vue de l'oxydation chromique ([1]) met en évidence la présence du groupe méthyle relié au carbone :

	C pour 100		
	par CrO^3.	par CrO^4Ag^2.	Calculé.
α-isopyromucique.......	53,0	53,3	53,57
α-méthylisopyromucique.	49,6	56,7	57,1

Le déficit d'oxydation sulfochromique (*loc. cit.*) est de 0,75. La méthode ordinaire de combustion a donné des résultats concordant avec la formule $C^5H^6O^3$:

	Trouvé.	Calculé.
C pour 100........	56,9	57,1
H »	5,01	4,77

La dénomination d'acide isopyromucique est impropre et celle de son homologue également : ce ne sont ni l'un ni l'autre de véritables acides et

([1]) *Comptes rendus*, t. 175, 1922, p. 1070-1072.

le produit actuel peut-être encore moins que l'autre : on ne peut le titrer à la phénolphtaléine. Il se comporte beaucoup plutôt comme un phénol. Sa solution alcaline précipite les sels de plomb; son dérivé plombique a été analysé : calculé pour $(C^5H^5O^3)^2Pb$, 45,4; trouvé, 45,2.

Il a des propriétés très réductrices vis-à-vis des sels d'argent : il réduit à froid le sulfate et le chlorure d'argent sans addition d'alcali. Avec les sels de mercure, rien de semblable, mais un précipité gélatineux. Le permanganate est réduit à froid en liqueur acide ou alcaline.

Le chlorure de benzoyle fournit un dérivé benzoylé : préparé soit par action directe à 100°, soit comme d'habitude en solution aqueuse alcaline, ce produit, très bien cristallisé, fond à 121°; il a été analysé (C pour 100 calculé 67,8, trouvé 67,3; H pour 100 calculé 4,35, trouvé 4,60).

Les réactifs habituels de la fonction cétonique ne la manifestent pas ici. Le brome est décoloré; l'iode en milieu alcalin produit un précipité d'iodoforme d'accord avec l'origine et le symbole de l'acide méthylisopyromucique.

Coloration avec le chlorure ferrique. — L'acide isopyromucique donne, avec le chlorure ferrique, une coloration verte intense; il en est de même de son homologue; le ton est seulement plus bleuâtre. En se fondant sur l'opinion de Chavanne, relative à la formation d'acide isopyromucique à partir des monoacides en C^5 et des biacides en C^6, il était indiqué de tirer parti de la sensibilité de la réaction du chlorure ferrique pour caractériser de très petites quantités de ces acides.

La technique, très simple, est la suivante : dans un tube à essai de faible diamètre, on chauffe $0^g,2$ de l'acide (ou de sa lactone, de l'un de ses sels ou de ses éthers) avec $0^g,5$ de bisulfate pulvérisé finement; on recueille les gouttelettes condensées sur les parties froides et on les additionne de chlorure ferrique; on tient compte que, dans ces conditions particulières, la coloration est fugace. Les substances essayées de cette manière se partagent en deux groupes, suivant que l'essai donne un résultat négatif ou positif :

Gluconate de calcium,	Saccharate monopotassique,
Gluconate de méthyle,	Lactone arabonique,
Gluconate d'éthyle,	Lactone rhamnonique,
Lactone mannonique,	Lactone mannosaccharique,
Lactone gulonique,	Xylonobromure de cadmium,
Galactonate de cadmium.	Acide mucique,
	Mucate d'éthyle.

Si donc on observe une coloration verte avec le chlorure ferrique, c'est qu'on

a affaire à un biacide dérivé des hexoses ou à un monoacide dérivé des pentoses ou des méthylpentoses.

S'il ne se produit rien, peut-être a-t-on un monoacide dérivé des hexoses, et alors on l'oxyde prudemment et, sur le produit d'oxydation, on répète l'essai : il doit alors être positif.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur les tétrachlorures iridiques dipyridinés. Configurations des deux séries d'irido-dipyridino-tétrachlorures.* Note de M. **Marcel Delépine**, présentée par M. A. Haller.

Des irido-dipyridino-tétrachlorures précédemment décrits (1), on passe, par oxydation, aux tétrachlorures iridiques dipyridinés $Ir(C^5H^5N)^2Cl^4$, de la même façon que des irido-hexachlorures ou des irido-pyridino-pentachlorures aux iridi-sels correspondants. Si l'on emploie le chlore, par exemple, on a

$$IrCl^6K^3 + Cl = ClK + IrCl^6K^2,$$
$$Ir(C^5H^5N)\,Cl^5K^2 + Cl = ClK + Ir(C^5H^5N)\,Cl^5K,$$
$$Ir(C^5H^5N)^2Cl^4K + Cl = ClK + Ir(C^5H^5N)^2Cl^4.$$

Il est bon de noter, toutefois, que si tous les autres dérivés sont des sels, les chlorures iridiques dipyridinés sont des corps neutres, non ionisés. Naturellement, il y a deux isomères $Ir(C^5H^5N)^2Cl^4$, cis et trans dipyridinés, suivant qu'ils tirent leur origine des sels orangés ou des sels rouges (2).

Chacun d'eux représente le radical complexe des irido-dipyridino-tétrachlorures qui, grâce aux changements de valence de l'iridium, est séparé à l'état libre sans rester un ion. Leur préparation fait nettement ressortir l'inégale sensibilité des deux séries d'isomères vis-à-vis des oxydants.

Pour préparer le chlorure dipyridiné trans ou 1.6, il suffit d'ajouter aux solutions des sels rouges un tiers de leur volume d'acide azotique; il y a décoloration complète du liquide avec séparation d'un précipité violet foncé, presque noir, pur après esso-

---

(1) M. Delépine, *Comptes rendus*, t. 175, 1922, p. 1075.

(2) Une substance de formule $Ir(C^5H^5N)^2Cl^4$ a été décrite, en 1903, par Rentz (*Z. f. anorg. Chem.*, t. 36, p. 105); le travail de Rentz fut critiqué, en 1914, par Gutbier et Hoyermann (*Ibid.*, t. 89, p. 340) qui ont même donné un nouveau mode de préparation; en dehors de la composition basée uniquement sur la teneur en iridium et de la mention que c'est un corps de couleur brun noir, il n'est décrit aucune propriété intéressante et il n'est pas du tout démontré que ces auteurs ont préparé un corps pur, car ils ne font aucune allusion à l'isomérie.

rage et lavage. En présence d'acide chlorhydrique, on peut se servir d'acide azotique encore plus dilué. L'eau de chlore, *l'eau de brome* provoquent les mêmes effets.

Avec les sels cis ou 1.2, c'est-à-dire avec les sels orangés, l'acide azotique, même à volume égal, ne donne pas de précipité, ni à chaud, ni à froid; mais si l'on évapore la solution azotique à sec au bain-marie le composé iridique se forme et se sépare; l'eau régale facilite la réaction. L'eau de chlore en excès sensible provoque presque aussitôt la séparation du chlorure iridique dipyridiné 1.2; par contre, *l'eau de brome* est sans effet.

L'un et l'autre chlorures présentent la couleur foncée des autres dérivés iridiques; ils sont insolubles dans l'eau, l'alcool, l'éther, à peine solubles dans l'acétone et le chloroforme qu'ils colorent en violet pâle. L'absence de solubilité dans l'eau correspond bien à leur caractère de composé neutre de la série iridique; leur ressemblance cependant n'est qu'extérieure.

Le composé cis est franchement noir en masse; il se dissout dans l'acide azotique bouillant et reste même un peu soluble dans l'acide froid, pour s'en séparer complètement en cristaux par dilution; l'évaporation de la solution acide au bain-marie l'abandonne ordinairement en cristaux losangiques microscopiques, présentant en lumière polarisée, un *dichroïsme* d'une puissance remarquable, vert franc dans un sens, violet rose dans le sens perpendiculaire; dès que les cristaux ont une épaisseur suffisante, d'ailleurs très petite, ils sont opaques.

Le dérivé trans, en masse, est violet foncé, presque noir; il est insoluble dans l'acide azotique, même bouillant; séparé lentement dans des solutions diluées, il se présente en cristaux rectangulaires ou hexagonaux opaques, rouge violacé quand ils sont assez minces pour être transparents, *non dichroïques*.

L'un et l'autre jouent le rôle d'oxydants, de puissance d'ailleurs inégale. Tous deux décomposent les iodures selon l'équation

$$Ir(C^5H^5N)^2Cl^4 + IM = Ir(C^5H^5N)^2Cl^4M + I,$$

mais le chlorure cis seul décompose les bromures, le chlorure trans ne les décomposant pas, ce qui explique que le brome ne peut servir à la préparation des premiers à partir des sels orangés, tandis qu'il décompose les sels rouges.

On arrive ainsi à cette conclusion que les deux tétrachlorures d'iridium dipyridinés cis et trans se comportent, le cis, comme un halogène intermédiaire entre le chlore et le brome, le trans, comme un halogène intermédiaire entre le brome et l'iode; d'où cette expérience assurément curieuse : si l'on broie du chlorure cis dans une solution de sel rouge trans, on change ce dernier en chlorure iridique trans, tandis que le chlorure cis se transforme en sel orangé :

$$Ir(C^5H^5N)^2_{1.2}Cl^4 + Ir(C^5H^5N)^2_{1.6}Cl^4M = Ir(C^5H^5N)^2_{1.6}Cl^4 + Ir(C^5H^5N)^2_{1.2}Cl^4M.$$

L'ammoniaque, étendue ou non, est décomposée par les chlorures iridiques dipyridinés avec dégagement d'azote, mais tandis que le dérivé cis se réduit en sel orangé ammoniacal, le dérivé trans donne lieu à une réaction compliquée dans laquelle la réduction est accompagnée partiellement de la formation de bases ammonio-pyridinées.

Le dichroïsme remarquable du chlorure issu des sels orangés m'a permis de fixer sa constitution d'une manière fort simple. Dans des conditions déterminées, on peut faire syncristalliser ce chlorure avec le chlorure platinique dipyridiné $Pt(C^5H^5N)^2Cl^4$, connu depuis longtemps sous le nom de *chloroplatinate de pyridine* modifié d'Anderson. On constate que tous les cristaux du complexe platinique prennent le dichroïsme si remarquable du dérivé iridique, avec lequel ils sont isomorphes, ce qui ne peut s'accorder qu'avec l'identité de leur configuration. Comme les travaux de Werner, juxtaposés à ceux de Jörgensen, ont montré que le dérivé platinique a ses deux molécules de pyridine en cis, on doit admettre qu'il en est de même du dérivé iridique et, partant, des sels orangés. Les sels rouges ont alors forcément la configuration trans.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Action du sodammonium sur l'aniline et ses homologues.* Note de M. M. Picon, présentée par M. A. Haller.

Les auteurs, ayant étudié l'action du sodium et du potassium sur l'aniline, n'ont pu isoler de composés alcalins nettement définis, mais ils ont admis qu'il se forme, en dehors de corps résineux, les dérivés mono et disubstitués ([1]), ([2]). Le dérivé monosodé a cependant été isolé par Titherley ([3]), en faisant agir sur l'aniline chauffée vers 160° de l'amidure de sodium.

Nous avons vérifié tout d'abord que le sodium, ainsi que l'avait indiqué Armstrong, n'attaquait pas l'aniline à froid. Le sodammonium, également, ne réagit pas sensiblement à — 40°; mais si l'on introduit le mélange de sodammonium et d'aniline avec un excès d'ammoniac liquide dans un autoclave, on peut atteindre ainsi la température ordinaire et la réaction a lieu. Elle est cependant très lente. Ce n'est qu'après une durée

---

([1]) Merz et Weith, *Ber. der deutsch. Gesells.*, t. 5, 1872, p. 646.

([2]) Armstrong, *Chemical News*, t. 27, 1873, p. 81.

([3]) Titherley, *Journ. Chemical Soc.*, t. 71, p. 464.

voisine de sept jours, que le sodium s'est complètement substitué à l'un des atomes d'hydrogène liés à l'azote et d'après la réaction suivante :

$$2\,C^6H^5AzH^2 + Az^2H^6Na^2 = 2\,C^6H^5AzHNa + H^2 + AzH^3.$$

On observe en effet qu'il se produit une quantité d'hydrogène correspondant sensiblement à la quantité de sodium introduite. Notre dispositif expérimental utilisant un autoclave ne nous a pas permis de mesurer avec précision la quantité d'hydrogène dégagée.

Après départ de l'ammoniac liquéfié, il reste dans l'autoclave un liquide incolore avec des cristaux blancs. Le liquide prend instantanément à l'air une teinte rouge foncée, puis noire. Il est extrêmement soluble dans l'éther.

Les cristaux sont, au contraire, insolubles dans l'éther et l'analyse permet de les identifier avec l'amidure de sodium. Ce composé provient de l'excès de sodammonium qui se transforme entièrement pendant la durée de l'expérience en amidure de sodium et hydrogène.

La solution éthérée fournit après départ de l'éther et de l'ammoniac en excès, un solide à peine coloré en jaune, transparent comme du verre, avec un rendement intégral. Ce corps se décompose sous l'action de l'eau sans se carboniser, mais en dégageant de la chaleur et en régénérant de la soude et de l'aniline incolore.

Si l'on fait avec 115^g du dérivé sodé 1^l de solution aqueuse, on obtient une liqueur colorée alcaline, binormale qui se titre exactement par les liqueurs acides titrées et en employant comme indicateur le papier rouge Congo. La molécule-gramme correspond donc au composé C^6H^5AzHNa. Le produit préparé dans divers essais contenait de 20,03 à 20,7 pour 100 de sodium au lieu du chiffre théorique 20.

Sous l'action du bromure ou de l'iodure d'éthyle, il réagit très violemment, même en présence d'éther et à une température assez basse, telle que -40°. Il fournit dans ce cas de la monoéthylaniline distillant entre 200° et 204° sous la pression de 760^{mm}. La réaction peut se formuler de la façon suivante :

$$C^6H^5AzHNa - C^2H^5Br = NaBr + C^6H^5AzH - C^2H^5.$$

Nous avons recherché si une action plus prolongée du sodammonium permettrait d'obtenir le dérivé disodé. Après un contact de 3 semaines à l'autoclave entre 2 atomes de sodium, 1^{mol} d'aniline et de l'ammoniac liquide, on a obtenu finalement le même dérivé monosodé; toutefois, le sodium avait totalement disparu et fourni de très beaux cristaux incolores d'amidure de sodium qu'il a été facile d'isoler par lavage à l'éther.

L'éthylaniline réagit également sur le sodammonium, lentement à l'autoclave à la température ordinaire. Après 8 à 15 jours la réaction est complète. On obtient le dérivé monosodé $C^6H^5AzNa - C^2H^5$ sous forme d'un composé ammoniacal soluble dans l'éther. Il se produit simultanément de l'hydrogène et de l'amidure de sodium correspondant à l'excès de sodium mis en expérience.

Le dérivé sodé ammoniacal en solution dans l'éther soumis à l'action du vide perd entièrement son ammoniac et son éther. On obtient ainsi avec un rendement intégral un composé solide blanc très légèrement coloré en jaune qui, après destruction par l'eau, donne une solution très peu colorée se titrant facilement par les acides forts en présence d'hélianthine. Il contient 15,82 pour 100 de sodium, le chiffre théorique étant 16,08.

Sous l'action de l'eau, il est très vivement décomposé et régénère l'éthylaniline et de la soude. En solution dans l'éther, il réagit très violemment sur le bromure d'éthyle. Pour obtenir une réaction assez tranquille, il est nécessaire de refroidir très énergiquement entre $-40°$ et $-80°$. Dans cette réaction il se forme du bromure de sodium et de la diéthylaniline bouillant à 212°-213° sous la pression de 760^{mm}.

L'orthotoluidine réagit d'une façon identique. Après 15 jours d'action à l'autoclave, on décèle la formation en quantités théoriques d'hydrogène et d'un composé sodé ammoniacal soluble dans l'ammoniac liquide et dans l'éther. C'est un dérivé monosodé $C^6H^4-(CH^3).AzHNa$, solide blanc jaunâtre, se titrant facilement par alcalimétrie, contenant 17,5 pour 100 de sodium (théorie = 17,83), réagissant en solution éthérée tranquillement à la température ordinaire, sur le bromure d'éthyle pour fournir l'orthoéthyltoluidine bouillant à 209°-211°.

La diphénylamine par réaction lente à la température ordinaire fournit de même au contact d'un excès de sodammonium le dérivé monosodé

$$(C^6H^5)^2NNa,$$

de l'amidure de sodium et de l'hydrogène. Ce dérivé sodé est solide, blanc, peu soluble dans l'éther. Il contient 11,8 pour 100 de sodium (théorie = 12,04) et fournit en réagissant sur le bromure d'éthyle à la température ordinaire de l'éthyldiphénylamine bouillant à 295°-297°. La benzylamine, par contre, n'est nullement attaquée, même après un séjour de 15 jours à l'autoclave, au contact du sodammonium.

En résumé l'action du sodammonium sur les amines cycliques ayant l'atome d'azote relié directement au noyau benzénique permet de préparer

facilement les dérivés sodés de ces amines à l'état pur et avec un rendement intégral. L'action est lente et ne s'obtient qu'à la température ordinaire à l'autoclave. Nous n'avons pu obtenir que des dérivés monosodés, mais ceux-ci se forment aussi bien avec les amines secondaires qu'avec les primaires. Nous avons préparé l'aniline, l'éthylaniline, l'orthotoluidine et la diphénylamine monosodés.

La benzylamine, par contre, ne réagit pas sur le sodammonium.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Synthèses au moyen des dérivés organozinciques mixtes : propylglyoxal.* Note de M. E.-E. Blaise, présentée par M. Haller.

En principe, on devrait pouvoir préparer les α-dicétones par action des dérivés organozinciques mixtes sur le chlorure d'oxalyle. Toutefois, j'ai déjà montré qu'avec le chlorure d'éthoxalyle, on obtient des résultats anormaux et il en serait certainement de même avec le chlorure d'oxalyle. Il est donc nécessaire d'employer la méthode indirecte qui consiste à former d'abord l'éther oxalique neutre d'un acide-alcool α; on traite ensuite celui-ci par le chlorure de thionyle et le dichlorure d'acide obtenu est condensé avec le dérivé organozincique.

L'action du chlorure d'oxalyle sur l'acide α-oxyisobutyrique donne l'acide oxal-*bis* oxyisobutyrique et, le dichlorure d'acide correspondant traité par l'iodure de zinc-propyle devrait conduire au *bis*-cycloacétaloxyisobutyrique du dibutyryle. En fait, le produit obtenu est un mélange de deux corps : l'un est bien le *bis*-cycloacétal prévu, mais l'autre est le *bis*-cycloacétal oxyisobutyrique du propylglyoxal. C'est là un nouvel exemple des propriétés réductrices des dérivés organozinciques dont j'ai signalé quelques cas antérieurement. On a, successivement :

$$\mathrm{COCl - COCl + 2(CH^3)^2C(OH) - CO^2H}$$

$$\rightarrow \mathrm{CO^2H - C(CH^3)^2 - O - CO - CO - O - C(CH^3)^2 - CO^2H}$$

$$\rightarrow \begin{array}{cccc} \mathrm{(CH^3)^2C} & \!\!-\!\!-\!\!-\ \mathrm{O} & \mathrm{O}\ -\!\!-\!\!- & \mathrm{C(CH^3)^2} \\ | & | & | & | \\ \mathrm{COCl} & \mathrm{CO}\ -\!\!-\!\!- & \mathrm{CO} & \mathrm{COCl} \end{array}$$

L'un des groupements CO de ce dernier réagit alors normalement sur le dérivé organozincique, mais le second CO est simplement hydrogéné et transformé en fonction alcool qui réagit aussitôt sur la fonction chlorure d'acide. On obtient ainsi le *bis*-cycloacétaloxyisobutyrique du propyl-

glyoxal :

$$\begin{array}{ccc} (CH^3)^2C\text{——}O & & O\text{——}C(CH^3)^2 \\ CO\diagdown\diagup C\text{——} & CH & \diagdown\diagup CO \\ O \quad C^3H^7 & & O \end{array}$$

Le mélange des deux cycloacétals est liquide et je n'ai pu réussir à en séparer directement les constituants. Par contre, l'alcoolyse du mélange n'attaquant, pour ainsi dire, pas le cycloacétal du dibutyryle, laisse ce dernier comme résidu, tandis que, comme on le voit aisément, le cycloacétal du propylglyoxal est dédoublé en éther oxyisobutyrique et acétal du propylglyoxal.

L'acétal diméthylique du propylglyoxal s'obtient en chauffant au bain-marie, à reflux, le mélange des cycloacétals avec de l'alcool méthylique contenant 4 pour 100 d'acide chlorhydrique gazeux. Cet acétal

$$C^3H^7 - CO - CH(O.CH^3)^2$$

est un liquide mobile, incolore à l'état pur, bouillant à 65°-66° sous 14^{mm}. Il réduit lentement le nitrate d'argent ammoniacal, à chaud, et instantanément à froid, en présence d'une trace de potasse. Il ne réduit pas la liqueur de Fehling à chaud. Quand on en ajoute au réactif de Schiff, celui-ci se colore peu à peu en rouge, puis en violet. Cet acétal réagit immédiatement sur la semicarbazide et sur la phénylhydrazine, comme le fait le propylglyoxal lui-même. On obtient, avec la semicarbazide, une disemicarbazone presque insoluble dans l'alcool bouillant, mais qu'on peut faire cristalliser dans l'acide acétique étendu de son volume d'eau. Les paillettes ainsi obtenues contiennent une molécule d'acide acétique et fondent au-dessus de 250°. La phénylhydrazine, en milieu acétique, fournit une osazone qui se solidifie rapidement et cristallise dans l'acide acétique étendu en aiguilles jaunes, très solubles dans l'alcool et le benzène. Cette osazone fond à 105°.

L'hydrolyse de l'acétal se réalise facilement par ébullition avec l'acide sulfurique à 3 pour 100. Le propylglyoxal constitue un liquide jaune vert, dont les vapeurs présentent cette même couleur. Son odeur est forte et piquante; il bout à 36° sous 16^{mm}. Conservé en tube scellé, sa coloration diminue d'intensité; en même temps, il devient visqueux, ce qui tient probablement à un phénomène de polymérisation. Au contact de l'air, il s'oxyde rapidement, en prenant une odeur butyrique. Ses solutions aqueuses concentrées sont colorées en jaune, mais les solutions étendues sont incolores. Toutefois, quand on épuise ces dernières à l'éther, ce sol-

vant se colore en jaune vert. Ces changements de coloration sont probablement dus à la formation d'un hydrate incolore peu stable. Enfin, le propylglyoxal réduit instantanément à froid le nitrate d'argent ammoniacal, sans addition d'alcali fixe, et recolore presque immédiatement le réactif de Schiff.

La production d'homologues du glyoxal dans les conditions qui viennent d'être indiquées constitue un mode de formation intéressant de ces composés, encore fort peu connus dans la série acyclique. Seule, la réaction de Wohl et Lange (1) a été appliquée jusqu'ici avec succès à la préparation de l'isobutylglyoxal, par Dakin et Dudley (2).

GÉOLOGIE — *Sur l'existence de Crétacé supérieur à faciès « Couches Rouges » dans l'Autochtone des environs de Thônes (Haute-Savoie)*. Note de M. **Léon Moret**, présentée par M. Émile Haug.

On sait que le Crétacé supérieur des Préalpes médianes est entièremen à l'état de « Couches Rouges ». Là, ces complexes, qui ne contiennent pas uniquement des sédiments sublithographiques de cette teinte, mais aussi des bancs plus ou moins verdâtres et même gréseux, sont assez différents, au premier abord, de ce que l'on connaît du Sénonien autochtone des zones subalpines, généralement gris ou noirâtre et des « Seewerschiefer » et « couches de Wang », des nappes helvétiques et Préalpes bordières.

Rien, jusqu'ici, n'avait donc pu leur être comparé dans l'Autochtone.

Or, l'été dernier, en descendant le sentier qui, du vallon de Dran et des Glières, aboutit à la cascade de Morette, non loin de Thônes, mon attention fut attirée par la teinte rouge très vive du Sénonien qui termine le synclinal au-dessus de la cascade. Un abaissement d'axe permet au torrent du Fier de franchir transversalement en ce point le synclinal et d'atteindre le cœur néocomien du pli, de sorte que l'on peut prendre une idée très nette de la coupe, où tout est rigoureusement en place. On a successivement de haut en bas :

1° Flysch.
2° Calcaire et grès nummulitiques (Priabonien).
3° Conglomérat à galets du substratum.

---

(1) *Berichte*, 1908, p. 3612.
(2) *Journal of biological Chemistry*, t. 18, p. 37.

4° Couches verdâtres sublithographiques en petits bancs avec lits marneux vert tendre, où j'ai recueilli une dent de *Ptychodus* sp.

5° Couches rouges, à pâte fine, avec taches vertes par places et filonnets de calcite.

6° Bancs gris sublithographiques (faciès habituel du Sénonien de la région).

7° Grès verts de l'Albien.

8° Urgonien ployé en synclinal.

9° Hauterivien. Marno-calcaires à *Toxaster complanatus*.

Dans cette coupe, le n° 6 représente le Crétacé supérieur typique du Genevois, dont les caractères sont les suivants : il est toujours en petits bancs gris ou bleutés, à pâte fine; très souvent, la partie supérieure en est plus ou moins schisteuse, comme à Sixt, Samoëns, Platé, où il a fourni un *Ananchytes* et quelques rares et grands *Inoceramus*. Mais, son âge sénonien a pu être définitivement établi par l'existence à Sévrier, au bord du lac d'Annecy, de fossiles caractéristiques : *Pachydiscus* sp., *Belemnitella mucronata*, *Micraster cor anguinum*, *Ananchytes ovatus*, *Inoceramus Cripsi*, *I. Cuvieri* (¹). En ce point, la partie inférieure est formée de calcaires blonds, durs, à silex, ce qui n'est pas une règle générale.

En lames minces, ce Sénonien apparaît comme une boue à Globigérines, Textilaires, Lagénidés, Rosalines très clairsemés. Fréquemment, et surtout à la base de la formation, se développe un faciès pélagique, où les dépouilles de Lagénidés sont seules représentées; on voit alors *Lagena sphærica* et d'innombrables Fissurines (et non Orbulines, comme on l'a très souvent et à tort prétendu). Ce cas se présente à Balme-Arâche et dans le cirque de Salles.

Quant à l'ensemble 4-5, qui couronne sans discontinuité les couches précédentes et qui est indiscutablement sénonien par sa position stratigraphique au-dessous du conglomérat de base du Tertiaire et par la dent de *Ptychodus* que j'y ai trouvé, il est absolument identique, jusque dans les plus infimes détails, aux échantillons de Couches Rouges classiques que j'ai pu examiner (²). D'abord la teinte rouge, les panachures vertes, puis, au microscope, l'abondance vraiment extraordinaire de Foraminifères en nids, de Globigérines, de *Lagena*, de Textilaires et surtout de *Rosalina Linnei*, qui prend ici un extrême développement, comme dans toutes les vraies Couches Rouges, alors qu'elle est peu abondante dans le Sénonien gris

(¹) Dans les Bauges, aux environs de Faverges, ces couches supportent des schistes et calcaires noirs à *Jereminella* (M. Lugeon).

(²) Grâce à l'amabilité de M. Gagnebin, assistant à l'Université de Lausanne, qui a bien voulu m'en adresser de localités typiques.

subalpin. La boue calciteuse et fine dans laquelle sont noyés ces organismes contient encore de nombreux prismes d'Inocérames, quelques plaques de Crinoïdes, des débris d'Ostracodes, de rares quartz clastiques et grains de glauconie, qui achèvent la ressemblance. Ces couches sont donc nettement sénoniennes et semblables aux vraies Couches Rouges, et, de ce fait, l'objection qu'elles pourraient être turoniennes (sédiments rouges des *Leimernschichten* des géologues suisses) ou tertiaires (calcaires marneux rouges ou verdâtres de certains flyschs autochtones ou préalpins) ne se pose pas.

Comment expliquer leur localisation en ce point et leur situation au sommet du Sénonien? On peut très simplement admettre que leur extension était autrefois très grande et qu'elles ont disparu au cours des intenses érosions anténummulitiques. En effet, on trouve dans le conglomérat nummulitique de base, en ce point même et sur le plateau d'Arâche, des galets verdâtres ou rougeâtres très riches en Rosalines; on trouve aussi des galets de Sénonien rouge tout au long du synclinal des Glières. E. Favre et H. Schardt ont signalé autrefois aux rochers de Gagnerie, dans le massif de la Dent du Midi, des schistes sénoniens rouges et verts qu'il y aurait lieu d'examiner. L'étude systématique des matériaux des conglomérats nummulitiques pourrait aussi, sans doute, donner d'intéressants renseignements sur ces sédiments sénoniens disparus.

La localisation de ce faciès « Couches Rouges » au sommet du Sénonien nous permet d'affirmer que les influences qui ont favorisé le dépôt des vraies Couches Rouges préalpines qui sont, comme l'on sait, sénoniennes, turoniennes et même cénomaniennes pour certains auteurs, n'ont commencé à se faire sentir, en Savoie, qu'à la fin de l'Aturien. Ces influences ont provoqué, en même temps que la précipitation du fer, le développement exubérant des Foraminifères et particulièrement de *Rosalina Linnei*, laquelle, par son abondance même, devient tout à fait caractéristique.

Remarquons que l'existence de Couches Rouges dans les Préalpes médianes constitue un argument stratigraphique important pour démontrer l'origine exotique de ces montagnes que les géologues suisses s'accordent actuellement à faire venir du bord oriental du géosynclinal alpin, bien que, pour d'autres, leurs racines soient à rechercher plus près de nous, dans la zone du Briançonnais, où affleurent des formations énigmatiques dites « marbres en plaquettes », à Globigérines et Rosalines, d'âge probablement Crétacé supérieur.

Toutefois, la valeur de cet argument, légitimé d'ailleurs par d'autres rai-

sons, est amoindrie par la constatation que nous venons de faire d'authentiques Couches Rouges dans l'Autochtone savoisien. Ce fait montre que les dépôts préalpins ne sont pas notablement différents des sédiments des zones helvétiques, ainsi que l'ont si souvent exprimé MM. Haug et Kilian.

Il est vrai pourtant que la «Scaglia», qui représente le Crétacé supérieur dinarique, n'est pas autre chose, ainsi que j'ai pu le constater en coupes minces, qu'un calcaire fin à Rosalines et de faciès «Couches Rouges» très caractérisé, faciès méditerranéen, par conséquent, que l'on retrouve des Pyrénées aux régions les plus méridionales des Alpes avec une constance de caractères tout à fait remarquable.

A ce faciès méditerranéen «Couches Rouges» (on y a trouvé des Rudistes) s'opposerait le faciès septentrional à Bélemnitelles, et la coupe de Thônes nous montrerait d'une façon palpable la superposition de ces deux faciès.

GÉOLOGIE. — *Sur l'existence de Mammifères Lutéciens dans le bassin du Douro (Espagne).* Note (1) de MM. **F. Roman** et **J. Royo Gomez**, transmise par M. Ch. Depéret.

Nous avons cherché, dans une excursion commune, à établir la stratigraphie des terrains tertiaires de la partie occidentale du bassin du Douro. Des restes de mammifères y ont été signalés à diverses reprises, mais sans indications stratigraphiques.

Ces trouvailles se réduisent aux pièces suivantes :

1° Des dents de *Lophiodontidés* découvertes aux environs de Corralès (Province de Zamora) et conservées au Musée de Madrid.

2° Des mandibules de *Plagiolophus minor* et *Xiphodon gracile*, signalées par Miquel (2) et déterminées par Gaudry; elles sont actuellement perdues.

Nous avons constaté que dans la partie moyenne du bassin du Douro, le Tertiaire repose directement sur les schistes paléozoïques (Cambrien et Silurien). Il est tout entier formé de grès, de marnes et d'argiles de teinte claire, passant du jaune au rouge. Ces assises dans leur ensemble sont horizontales, avec peut-être un léger plongement vers le Sud-Est.

---

(1) Séance du 4 décembre 1922.

(2) M. Miquel, *Restos fosiles de vertebrados encontrados en San Morales* (Salamanca) (*Bol. R. Soc. Esp. Hist. nat.*, t. 11, p. 352; Madrid, 1906).

Aux environs de Salamanque, nous avons relevé la coupe suivante :

1° Sur les bords du Rio Tormès, à 1500^m en aval du pont romain, au lieu dit *Peña del Hierro*, les schistes paléozoïques assez altérés sont surmontés par 1^m à 2^m de *conglomérat* à éléments surtout quartzeux, cimentés par de l'oxyde de fer de teinte rouge assez foncée et à pisolites ferrugineux.

2° Au-dessus viennent des *grès argileux*, un peu grossiers et peu cohérents, jaune rougeâtres.

3° Ils sont surmontés par des *grès plus fins*, plus clairs et moins bariolés, plus résistants, en bancs épais, près de la Cuesta de San Vincente et de la Peña Celestina. Ces grès de 35^m d'épaisseur forment le plateau de la ville de Salamanque, dominant le Tormès.

En suivant les voies ferrées de Salamanque à Zamora et à Médina on retrouve les mêmes grès dans diverses tranchées, mais ils sont plus rougeâtres. A la partie supérieure de la grande tranchée de la ligne de Zamora, on voit une lentille de marne argileuse blanche calcaire.

Grâce au faible plongement des assises vers le Sud-Est, la coupe peut se continuer en suivant la ligne de Salamanque à Peñaranda, dont les tranchées sont parallèles au Tormès sur une quinzaine de kilomètres.

4° Sur les marnes blanches signalées plus haut, reposent des *grès fins jaunes*, puis des *sables* avec *lits argileux* intercalés. Les argiles prédominent entre les kilomètres 100 et 98.

5° Cet ensemble est surmonté par des calcaires concrétionnés (kilomètre 98) qui couronnent les collines dominant la voie. C'est le niveau le plus élevé que nous ayons observé.

A la station d'Aldealengua, les grès sont assez fins et très argileux. A partir de ce point la ligne parcourt une plaine cultivée et ne montre pas de coupe.

Les grès du même niveau (n° 4) se retrouvent sur les bords du Tormès en face de la station de San Moralès, à l'Aceñade de la Fuente. Sur ce point, la roche est assez résistante pour avoir donné lieu à une exploitation. C'est dans cette carrière qu'ont été trouvés les fossiles signalés par Miquel. Nous avons retrouvé quelques débris d'os indéterminables qui ne laissent aucun doute sur le niveau exact de ces pièces.

Cette longue coupe montre que les points fossilifères sont très rares dans le Tertiaire du Douro. On en est donc réduit à la nature pétrographique pour distinguer les assises. Les grès inférieurs, que nous désignerons sous le nom de *grès de Salamanque*, appartiennent certainement à l'Éocène et très probablement en partie au Lutécien par comparaison avec des assises identiques qui se trouvent à Corralès au sud de Zamora.

Sur ce dernier point les assises sont un peu plus marneuses à la base, mais deviennent bientôt gréseuses et plus grossières. Ces grès constituent les collines au Sud-Est et à l'Est du village. Une carrière (Sud-Est) a donné une dernière molaire et une prémolaire supérieures de *Lophiodon isselense* Cuv., une prémolaire supérieure de *Chasmotherium minimum* Blainv.

La taille du *Lophiodon*, à peine plus faible que le type d'Issel, et la présence du *Chasmotherium minimum*, d'Argenton, indique que le niveau de Corralès est légèrement inférieur à celui des grès d'Issel et doit par suite se placer à la partie supérieure du Lutécien moyen.

L'ensemble des grès jaunes de San Moralès peut se rapporter soit au Bartonien, soit au Ludien. La disparition des pièces de Miquel ne permet pas de préciser davantage : les *Plagiolophus* de la taille de *minor* et les *Xiphodon* du groupe de *gracile* ayant une assez grande extension.

Nous avons retrouvé à Zamora les grès inférieurs (*grès de Salamanque*) avec des caractères identiques. Sur les bords du Douro, à 3^{km} de la ville, les schistes paléozoïques, très ferrugineux, sont surmontés par un conglomérat identique à celui de la Peña del Hierro. Des grès de teinte claire leur succèdent semblables à ceux de Salamanque; ils supportent la ville de Zamora. Vers le pont la base est argileuse.

Il résulte de ces observations que les distinctions faites, en Éocène, Oligocène et Miocène par Gil y Maestre (¹) pour la province de Salamanque, et par Puig y Larraz (²) pour celle de Zamora, ne sont basées sur aucun document précis.

L'ensemble de l'Éocène continental occupe des surfaces considérables dans l'Ouest de l'Espagne et repose directement sur le massif cristallin et paléozoïque de la frontière portugaise. Le Miocène continental est reporté plus à l'Est suivant une ligne oblique passant à la hauteur de Olmeda, par Medina del Campo et à l'Ouest de Ceresina del Campo (province de Zamora). *Toute cette vaste formation est subhorizontale;* elle n'a donc pas subi le contre-coup des mouvements pyrénéens.

La composition de la base du Tertiaire du Douro est très comparable à celle que l'un de nous a étudié au voisinage de la sierra de Altomira (Haute vallée du Tage). Mais ici les assises ont été plissées (³). On peut comparer les conglomérats et les grès de Sacedón (Prov. de Guadalajara) avec ceux de Salamanque, tandis que les grès jaunes de Sayatón (Prov. de

(¹) Gil y Maestre, *Description fisica y miniera de la province de Salamanca* (*Mem. Mapa geol.*, Madrid, 1880).

(²) Puig y Larraz, *Descr. fis. y geol. de la province de Zamora* (*Ibid.*, Madrid, 1883).

(³) J. Royo Gomez, *La Sierra de Altomira y sus relaciones con la submeseta del Tajo* (*Trab. Mus. Cienc. Nat.*, n° 27, Madrid, 1920); — *El mioceno continental ibérico y su fauna malacologica com. investig. pal. y prehist.* (*Ibid.*, n° 30, Madrid, 1922).

Guadalajara) et de Huete (Prov. de Cuenca) correspondraient à ceux de San Moralès. Cet ensemble avait été rapporté sans subdivision au Paléogène.

PALÉONTOLOGIE. — *Les Crustacés Décapodes du Portlandien de Cerin-Marchampt* (Ain). Note (¹) de M. V. VAN STRAELEN, transmise par M. W. Kilian.

Le Muséum d'Histoire naturelle de Lyon possède les fossiles recueillis autrefois par V. Thiollière et Cl. Jourdan, dans les calcaires lithographiques portlandiens à Cerin-Marchampt (Ain). La faune, très variée, renferme des Crustacés Décapodes dont M. Cl. Gaillard, directeur de ce Muséum, m'a confié l'étude.

Tout comme en Franconie, les fossiles n'abondent point à Cerin. La richesse de la collection lyonnaise est due à l'exploitation intensive du gisement pendant un demi-siècle et au zèle, avec lequel les géologues lyonnais de l'époque, et surtout Cl. Jourdan, récoltèrent les pièces intéressantes.

La faune carcinologique de Cerin est beaucoup moins riche et moins variée que celle des formations synchroniques et homotaxes de la Franconie et de la Souabe. Dans des travaux déjà anciens, Münster et, après lui, Oppel signalèrent les formes suivantes : *Antrimpos* (*Penaeus*) *speciosus* Münster, *Dusa monocera* Münster, *Mecochirus brevimanus* Münster, *Glyphea Saemanni* Oppel, *Eryon propinquus* Schlotheim sp. Enfin, dans des travaux stratigraphiques, divers auteurs ont cité : *Macrourites cirensis* Jourdan Ms., *Eryon arctiformis* Schlotheim sp., *Glyphea crassipes* Jourdan Ms.

Je n'ai pas retrouvé *Dusa monocera*, *Mecochirus brevimanus* et *Eryon arctiformis*. Le grand nombre de pièces recueillies et le soin avec lequel les gisements ont été explorés me font croire que c'est à la suite d'une confusion que ces trois espèces ont été signalées à Cerin. En effet, les matériaux de Bugey ressemblent à s'y méprendre à ceux de Solenhofen que Münster et Oppel étudièrent en même temps. Quant à *Macrourites cirensis*, nom manuscrit de Jourdan, il est synonyme de *Glyphea Saemanni* Oppel 1860. Mais à son tour, cette dernière appellation doit disparaître, car elle se rapporte à des individus âgés, de grande taille et écrasés de *Glyphea pseudoscyllarus* Schlotheim sp. 1822. D'autre part, j'ai pu m'assurer que *Glyphea*

(¹) Séance du 4 décembre 1922.

crassipes est un nom manuscrit de Jourdan, appliqué à *Eryma modestiformis* Schlotheim sp. Il résulte de mes recherches dans les collections du Muséum de Lyon, que la faune carcinologique de Cerin se répartit de la manière suivante :

1. Natantia : *Antrimpos* (*Penæus*) *speciosus* Münster; *A. intermedius* Oppel.

2. Reptantia : *Glyphea pseudoscyllarus* Schlotheim sp. *Eryon propinquus* Schlotheim sp. *Eryma modestiformis* Schlotheim sp.

On remarque l'absence de Cirripèdes, d'Isopodes et de Stomapodes, ainsi que des Anomoures et des Brachyoures. Enfin, l'Arachnomorphe qui accompagne si fréquemment les Crustacés de Solenhofen, *Limulus*, manque également. Sauf les Brachyoures, tous ces groupes sont représentés à Solenhofen.

On admet généralement que les conditions de sédimentation à Cerin n'ont pas été complètement identiques à celles qui prévalurent dans le Sud de l'Allemagne. C'est ainsi que l'on explique les différences constatées entre les faunes ichtyo et herpétologiques des calcaires lithographiques de la Franconie et celles de l'Ain. A la suite de l'étude des Reptiles de Cerin, L. Lortet conclut à un régime saumâtre analogue à ceux que l'on observe actuellement dans l'estuaire des grands fleuves intertropicaux (1). Sans entrer dans une discussion sur la véritable signification des Reptiles et surtout des Poissons (parmi ces derniers on trouve des types bionomiques très variés, jusqu'à des formes planctiques), l'étude des Crustacés décapodes m'amène à conclure que le dépôt s'est formé dans des eaux franchement marines.

Antrimpos est à peine différent du genre actuel *Penaeus*, auquel il a souvent été réuni. Ce dernier fréquentant les estuaires dans les régions intertropicales, on pourrait donc éventuellement admettre un régime analogue pour *Antrimpos*. Les trois autres genres rencontrés à Cerin : *Glyphea*, *Eryon* et *Eryma*, n'ont pas de représentants dans la faune actuelle, mais toutes leurs espèces, connues depuis le Trias jusqu'au Crétacé, n'ont jamais été rencontrées que dans des formations marines. La rareté des *Natantia* à Cerin est frappante, étant représentés par onze genres en Franconie, il n'y en a guère qu'un seul dans l'Ain. Ce qui domine, ce sont les *Reptantia*.

Tous les individus examinés sont des adultes, on n'y rencontre pas de

---

(1) L. Lortet, *Les reptiles fossiles du bassin du Rhône* (*Archives du Muséum d'Histoire naturelle de Lyon*, t. 8, 1892, p. 135).

formes jeunes. Il semble donc que les animaux n'aient point vécu dans le site où on les trouve fossilisés, sans quoi on devrait trouver des jeunes aussi bien que des adultes. Cela m'amène à admettre, pour les calcaires lithographiques de Cerin, un mode de formation identique à celui que J. Walther [1] a déterminé pour ceux de la Franconie. Le dépôt s'est effectué dans une vaste dépression incomplètement fermée où la mer pénétrait parfois aux hautes eaux, mais ne séjournait jamais longtemps. Les eaux, en se retirant, laissaient à découvert une boue calcaire très fine, se durcissant rapidement et qui retenait les animaux qui n'avaient pu suivre le retrait du flot. Beaucoup de Crustacés sont couchés sur le dos et l'on remarque, surtout pour *Glyphea*, des traces d'autotomie.

« On rencontre des thoracopodes isolés de *Glyphea* appartenant à la première paire, épars dans les couches. Ils sont toujours complets jusqu'à l'ischiopodite qui est sectionné, de manière à faire supposer qu'il a été détaché de l'animal par autotomie, un peu au-dessus de l'articulation ischiobasipodiale, ainsi que cela se passe encore actuellement chez les Homards, par exemple. On sait que certains Décapodes marins placés brusquement dans l'eau polluée ou dans l'eau douce, autotomisent un ou plusieurs de leurs appendices. Il semble s'être produit quelque chose d'analogue à Cerin, dans les eaux fortement chargées de particules calcaires en suspension. »

La pauvreté de la faune carcinologique de Cerin, comparée à celle de Solenhofen, pourrait s'expliquer par la proximité d'une mer plus profonde, à fond vaseux, et par l'éloignement des faciès récifaux. Ceux-ci sont caractérisés au Portlandien par des Crustacés particuliers, appartenant entre autres à la famille des Prosoponidæ. On les rencontre en grand nombre à Stramberg et à Kelheim, mais on n'en connaît pas à Cerin.

BOTANIQUE. — *Sur l'origine de la carapace siliceuse des Diatomées.* Note de M. **Henri Coupin**, présentée par M. Gaston Bonnier.

Les Diatomées sont, on le sait, des Algues brunes unicellulaires revêtues d'une carapace de silice présentant des ornements d'une grande finesse qui les font rechercher par les amateurs de micrographie. Au point de vue physiologique, on peut se demander où ces organismes puisent la silice dont

(1) J. Walther, *Die Fauna der Solenhofen Plattenkalke, bionomisch betrachtet* (*Festchr. z. 70 ten Geburtstage v. Ernst Haeckel*, 1904, p. 135-214, pl. VIII).

elles ont besoin, en quantité relativement énorme, pour la sécrétion de leur membrane d'enveloppe. Ayant réussi à cultiver une espèce d'eau douce (*Nitzschia linearis*), j'en ai profité pour essayer d'éclairer la question.

Mes cultures ont été faites sur *liquide de Knop* additionné, pour lui donner de la consistance, de gélose, matière inerte au point de vue nutritif, à 1 pour 100 (c'est ce que, pour abréger, j'appellerai du « Knop gélosé »), et, en surface ou en mélange, de diverses substances semblant susceptibles de fournir du silicium. Ce milieu étant obtenu, je plaçais, à la surface. un fragment (grosseur d'une tête d'épingle) de ma culture originelle, et, les jours suivants, j'observais l'évolution de celle-ci, exposée à la lumière diffuse.

Voici, en abrégé, les observations faites pendant environ un ou deux mois :

A. *Culture sur Knop gélosé, sans silicium.* — La culture reste telle quelle et ne présente aucun accroissement.

B. *Culture sur Knop gélosé, additionné, en surface, de silice vitreuse* (sable de Fontainebleau lavé). — La culture ne s'accroît pas et se contente de s'étaler un peu par les mouvements propres des frustules qui nagent dans les espaces humides séparant les grains de sable.

C. *Culture sur Knop gélosé, additionné, en mélange, de silice gélatineuse.* — La culture ne s'accroît pas.

D. *Culture sur Knop gélosé, additionné, en mélange ou en surface, de kaolin lavé.* — La culture s'accroît admirablement et, au bout d'un mois, environ, atteint un diamètre de 2^{cm} à 3^{cm}, ce qui représente plusieurs centaines de milliers d'individus, lesquels sont étroitement agglomérés les uns aux autres.

E. *Culture sur Knop gélosé, additionné, en surface, de feldspath* (orthose) *pulvérisé* [1]. — La culture s'accroît admirablement, comme celle ci-dessus (D).

F. *Culture sur Knop gélosé, additionné, en mélange ou en surface, d'argile pulvérisée.* — Les cultures sont variables avec la nature de l'argile utilisée. Avec les argiles relativement pures, elles s'effectuent comme sur kaolin, tandis qu'avec les argiles relativement impures (chimiquement), elles sont nulles et même, pour certaines, tuées. Je regrette, faute d'avoir, à ma disposition, qu'un nombre insuffisant de variétés d'argiles (je ne suis pas géologue) de ne pouvoir être plus précis.

G. *Culture sur Knop gélosé, additionné, en mélange, de silicate de potassium ou de silicate de sodium.* — Avec un de ces deux silicates, employé en petite quantité, la culture est nulle. Celle-ci meurt si la dose employée est forte.

Je dois ajouter que les cultures ci-dessus étaient faites en boîtes de Petri (lesquelles sont en verre) ou en cuvettes de celluloïd. Comme ces cultures

---

[1] Une partie de ce feldspath était, vraisemblablement, au contact du milieu humide de la culture, transformé en kaolin.

étaient identiques quant à leur résultat, on peut en conclure que le silicium de verre n'intervenait pas dans le cas des cultures D et E, ce qui, d'ailleurs, était bien improbable, puisque, dans les boîtes de Petri, les cultures étaient séparés du verre par 1cm environ de gélose. D'autre part en répandant, sur la gélose, de la poudre de verre et en y ensemençant la culture de la Diatomée, j'ai pu me rendre compte que celle-ci ne peut se développer, c'est-à-dire qu'*elle ne peut assimiler le silicium du verre*.

J'en reviens, maintenant, aux conclusions que l'on peut tirer des résultats décrits plus hauts.

On constate d'abord que les Diatomées peuvent être nourries avec le liquide de Knop (ce en quoi elles ne diffèrent pas des autres végétaux), mais ne peuvent se développer que si on leur fournit, en même temps, du silicium sous une forme assimilable (culture D et E). Nous avons ainsi un cas assez singulier où le silicium se montre *indispensable* à la vie d'un végétal, quoique, en réalité, n'intervenant pas dans la nutrition même de son protoplasma.

On constate, en outre, que :

1° Les Diatomées sont incapables d'utiliser la silice vitreuse, ce qui était probable, ou la silice gélatineuse, ce qui était moins évident *a priori*.

2° Les Diatomées ne peuvent utiliser le silicium du silicate de potassium ou du silicate de sodium (culture G); ces deux silicates, à dose élevée, sont même toxiques.

3° Les Diatomées ne peuvent utiliser le silicium du verre.

4° Les Diatomées, pour l'édification de leur carapace, peuvent utiliser le silicium du kaolin (culture D); du feldspathorthose (culture E); des argiles suffisamment pures (culture F), tandis que certains argiles leur sont toxiques par leurs impuretés chimiques.

Comme il est impossible, du moins à ma connaissance, d'avoir des Diatomées en culture *bactériologiquement* pures, et que, par exemple, dans ma culture de *Nitzschia linearis*, il y avait certainement des bactéries mêlées aux frustules des Diatomées, on ne peut affirmer, ainsi que l'a remarqué dernièrement M. W. Vernadsky [1], que ce sont bien les Diatomées elles-mêmes, et non les bactéries vivant avec elles, qui extraient le silicium de certains silicates mis à leur disposition, mais la chose est infiniment probable.

La conclusion la plus générale qui semble se dégager de cette étude est

---

(1) *Comptes rendus*, t. 175, 1922, p. 450.

que les *Diatomées trouvent la substance de leur carapace siliceuse dans la silice des silicates d'aluminium*, substance qui, cependant, pour la libération de leur silicium par les procédés physico-chimiques, exigent un nombre considérable de calories.

Cette conclusion n'intéresse pas seulement les botanistes, mais aussi les géologues, comme l'a dit M. W. Vernadsky dans la Note citée plus haut. J'ai obtenu, en effet, presque d'aussi bons résultats en remplaçant le liquide de Knop par de l'eau de source, laquelle peut être considérée comme une solution nutritive très diluée. On voit ainsi, au bout de quelques mois, le kaolin, l'argile ou le feldspath disparaître et être *remplacés par de la silice* provenant des carapaces des Diatomées qui ont achevé leur existence. Par un procédé purement biologique, une nouvelle roche était née *in vitro*, roche tout à fait analogue à celle qu'on trouve dans certains terrains et qu'on a improprement appelée *terre d'Infusoires*.

BOTANIQUE. — *Adaptation à la vie aérienne d'une Conjuguée filamenteuse* (Zygnema peliosporum *Wittr.*). Note de M. **A. de Puymaly**, présentée par M. P.-A. Dangeard.

Parmi les rares Conjuguées filamenteuses, qui ne sont pas aquatiques, la seule actuellement bien connue est la var. *terrestre* du *Zygnema ericetorum* Hansg., qui vit complètement exondée et supporte parfaitement la sécheresse. L'objet de cette Note est de signaler l'adaptation d'une autre espèce à la vie dite aérienne.

Découvert et décrit en 1868 par Wittrock [1], le *Zygnema peliosporum* Wittr. n'a été observé en Europe, d'après les auteurs, que dans les contrées septentrionales (Suède, Danemark, Finlande, Angleterre). Cependant, Wittrock et Nordstedt en ont distribué un échantillon (*Algæ aquæ dulcis exsiccatæ*, n° 1104) récolté en Anjou par l'abbé Hy. Nulle part, en tout cas, cette Algue ne paraît avoir été signalée comme espèce aérienne. Or, aux environs de Guéthary (Basses-Pyrénées), je l'ai trouvée abondante dans les endroits découverts et fortement ensoleillés à la surface de la terre argileuse humide qu'elle revêt de nattes vertes atteignant souvent plusieurs déci-

---

[1] V. B. Wittrock, *Bidrag till Kännedomen Sveriges Zygnemaceer och Mosocarpaceer* (*Bot. Notiser*, 1868, p. 190).

mètres carrés. On se trouve donc ici en présence d'une forme nettement adaptée à la vie aérienne.

Cette forme, comme la plupart des Algues vertes terricoles, subit une périodicité bien marquée. Elle apparaît pendant l'hiver; elle est alors douée d'une belle teinte verte et d'une végétation très active; ses cellules, riches en chlorophylle et en amidon, ne renferment à ce moment-là que très peu de corps gras en granules extrêmement ténus. Par suite de la gélification de la portion externe des membranes les filaments s'agglutinent fréquemment et forment soit des mèches plus ou moins fournies, soit des pseudo-membranes peu cohérentes, rappelant un peu celles des *Phormidium*. Mais, dès le printemps, l'aspect se modifie progressivement. Les thalles, probablement sous l'influence de l'insolation plus intense, perdent de la chlorophylle et deviennent d'un vert jaunâtre; en même temps, la végétation se ralentit, l'amidon diminue et l'on voit apparaître une multitude de globules réfringents. Ces globules, dont le diamètre est généralement de 1^{μ} à 3^{μ} et qui confluent parfois en masses irrégulières, présentent les réactions des corps gras et une distribution remarquable : ils se pressent contre la membrane en un revêtement dense. D'ailleurs, chez d'autres Chlorophycées aériennes, pendant la saison sèche, j'ai eu maintes fois l'occasion d'observer un tel revêtement qui permet, sans doute, aux cellules de résister plus efficacement à la dessiccation.

Les cellules ainsi modifiées sont à l'état quiescent et s'y maintiennent jusqu'au retour des conditions favorables à la végétation, c'est-à-dire jusqu'à l'hiver. Tout à fait comparables aux *acinètes* de Wille, ces éléments gardent leur vitalité pendant très longtemps. Ainsi, sur un mince lambeau de terre, récolté le 14 août 1921 et conservé au laboratoire dans un sachet de papier, on trouvait encore au bout de dix mois un grand nombre d'acinètes parfaitement vivants. Ceux-ci ne sont donc tués ni par la chaleur estivale, ni par les vents desséchants, qui ne font que les déplacer; ils constituent par suite les agents essentiels de la conservation et de la dissémination de l'espèce.

La facilité avec laquelle se forment les acinètes en présence des conditions défavorables explique probablement la rareté des zygospores. Depuis bientôt deux ans que je suis la végétation de cette Algue dans les environs de Guéthary, il m'est passé sous les yeux un très grand nombre de spécimens récoltés dans diverses stations et en toutes saisons. Or, c'est seulement en avril dernier que j'ai trouvé de rares individus fertiles disséminés sur

une petite surface. Partout ailleurs, au même moment, la plante était stérile.

La conjugaison concorde essentiellement avec ce qu'a décrit Wittrock. Mais, en outre, j'ai vu fréquemment des filaments femelles s'unir avec des filaments mâles à cellules deux fois plus courtes; ces dernières s'étaient donc divisées une fois de plus que les cellules des filaments femelles correspondants. Ceci dénote évidemment une tendance vers une différenciation sexuelle morphologique. Les deux gamétanges mâles, qui font face à un gamétange femelle, sont équivalents au point de vue fonctionnel, car la copulation a lieu indistinctement avec l'un ou avec l'autre; celui qui ne se conjugue pas ne subit aucune dégénérescence, du moins immédiate.

Par nombre de ses caractères végétatifs (agglutination des filaments en nattes, brièveté et dimensions des cellules, formation d'acinètes) la plante en question n'est pas sans analogie avec la var. *terrestre* du *Z. ericetorum*. D'autre part, la présence de phycoporphyrine et l'existence d'un seul chromatophore par cellule, qui distingueraient cette dernière espèce de tous les autres *Zygnema*, sont des caractères variables ou encore discutés. On peut donc se demander si ces deux plantes, vivant de la même manière, n'ont pas été dans bien des cas confondues sous le nom de *Z. ericetorum* (1). Cette confusion expliquerait pourquoi le *Z. peliosporum* n'a pas été signalé plus tôt comme algue aérienne. Elle est d'autant plus plausible que la conjugaison et les zygospores, dont les caractères sont, on le sait, indispensables pour l'identification certaine des *Zygnema* et des Conjuguées en général, n'ont été vues chez la forme terrestre du *Z. ericetorum* qu'une seule fois et cela tout récemment (Hodgetts, *the New Phytologist*, 1918), tandis que l'état végétatif a été maintes et maintes fois récolté et mentionné.

Des dessins et de plus amples renseignements sur ce sujet seront publiés ultérieurement.

MYCOLOGIE. — *Sur la toxicité de* Volvaria gloïocephala *D. C.* (= V. speciosa *Fr.*). Note de M. E. Chauvin, présentée par M. L. Mangin.

Le *Volvaria gloiocephala* D. C. (= *speciosa* Fr.) était considéré jusqu'à ces dernières années comme une des espèces mortelles lorsque le Dr A. Gautier,

(1) Dans les premiers temps, d'ailleurs, j'ai été victime de cette méprise et, à propos d'une forme terrestre du *Rhizoclonium riparium* Harv., j'ai écrit (*Comptes rendus de la Soc. de Biologie*, 5 juillet 1921): « Assez souvent accompagnée du *Zygnema ericetorum* Hansg., elle vit... ». Il faut lire : « *Zygnema peliosporum* Wittr.. ».

dans sa thèse ([1]) a montré que, tout au moins aux environs d'Alger, *Volvaria gloiocephala* n'était pas toxique, qu'on la mangeait couramment sans inconvénients.

Le but de la présente Note, qui résume mes premiers travaux sur la question, est de montrer que, vraisemblablement, cette volvaire n'est pas plus toxique en France qu'en Algérie.

J'ai reçu le 13 octobre de la région de Fontainebleau, une *Volvaria gloiocephala*, dont le chapeau pesait 45^g, le pied 20^g.

20^g du chapeau cru sont hachés avec un peu de viande crue et donnés à un jeune chien de $2^{kg},500$ qui l'absorbe. D'autre part, 10^g et le pied, soit 30^g en tout, sont triturés au mortier avec 15^{cm^3} de sérum physiologique stérile et $0^g,25$ de chlorure de sodium; on laisse macérer 2 heures et l'on filtre au papier. 5^{cm^3} de ce macéré sont introduits par injection sous-cutanée sous la peau de la cuisse d'un cobaye de 290^g. 2^{cm^3} de ce macéré chauffé et filtré ont été injectés à un deuxième cobaye.

Le chien et les cobayes observés pendant 3 jours n'ont manifesté aucun malaise.

Enfin, 15^g du chapeau, préalablement cuits, ont été absorbés par moi. Je n'ai pas éprouvé le moindre malaise.

Le 21 octobre, j'ai reçu une demi-douzaine de Volvaires, de même provenance, j'en ai mangé 60^g également cuits sans être incommodé.

J'ai recherché les agglutinines en me servant de l'extrait à froid obtenu comme il est dit ci-dessus, je n'en ai pas trouvé. Le Dr Gautier affirme qu'avec un extrait obtenu après une macération de 18 heures, il a obtenu un extrait agglutinant même macroscopiquement et dont l'action est détruite par la chaleur.

J'ai également recherché l'hémolysine de la façon suivante :

Des tubes à hémolyse renfermaient 0, 4, 8, 12, 16, 20 gouttes de l'extrait ci-dessus frais. Inversement, j'ai ajouté 0, 4, 8, 12, 16, 20 gouttes de sérum physiologique à 10 pour 1000 ([2]), puis, dans chaque tube, une goutte de sang humain dilué au $\frac{1}{2}$ avec un sérum physiologique oxalaté. Au bout de 15 heures seulement il se produit dans tous les tubes une légère hémolyse qui surnage le culot des globules.

La même opération a été faite avec le suc bouilli 5 minutes et filtré.

([1]) A. Gautier, *Contribution à l'étude de la toxicité des champignons. Le cas de* Volvaria speciosa (*Volvaire gluante*); Carbonel, éditeur, Alger, 1920.

([2]) A 10 pour 1000 suivant la méthode de W. Ford.

Alors que le tube témoin ne manifeste aucune hémolyse, il se produit encore, mais seulement après 72 heures, une très légère hémolyse dans tous les tubes. Il semble donc que : 1° ainsi que l'ont montré le professeur Sartory et le docteur A. Gautier, *Volvaria gloiocephala* contient une hémolysine peu active; 2° cette hémolysine n'est pas complètement détruite par ébullition (de 5 minutes) puisqu'elle réagit encore faiblement après 72 heures. Il est permis de supposer qu'il s'y trouve deux hémolysines fort peu actives (ou en très faible proportion): l'une thermolabile, l'autre thermostabile.

Quelles conclusions tirer de ces expériences que je me propose de compléter à la saison prochaine?

C'est que, sans doute, il serait imprudent d'affirmer dès maintenant l'innocuité complète du *Volvaria speciosa* de France. Je l'ai consommé sans inconvénients, mais on peut invoquer une idiosyncrasie particulière qui peut ne pas exister chez d'autres personnes. De plus la question de terrain peut jouer un rôle : toutes mes volvaires provenaient de Fontainebleau. De même, l'époque de la récolte : il est prouvé, par exemple, que *Amanita junquillea* est légèrement toxique à certaines époques de l'année. Enfin la présence de faibles traces d'une hémolysine fort peu active il est vrai, résistant à la chaleur, fait incliner à la prudence.

De nouvelles expériences, faites avec des volvaires de diverses provenances par plusieurs expérimentateurs, sont nécessaires pour conclure de façon définitive à la non-toxicité de *Volvaria speciosa* en France. On peut déjà affirmer que cette toxicité est faible.

CHIMIE AGRICOLE. — *Sur la mesure de l'acidité des sols par les liqueurs alcalines.* Note de M. V. Vincent, présentée par M. L. Maquenne.

La mesure de l'acidité des sols avec l'eau de chaux ou avec des solutions équivalentes de bicarbonates de calcium ou de sodium donne des chiffres de même ordre mais pourtant assez différents : plus considérables avec la chaux et presque semblables avec les bicarbonates.

Le bicarbonate de sodium ne tenant pas d'acide carbonique libre, pouvant réagir sur le carbonate de calcium préexistant dans les sols, indique plus sûrement l'acidité d'un terrain faiblement calcaire que le bicarbonate de calcium. Nous avons recherché les causes pouvant expliquer les différences entre l'emploi de l'eau de chaux et des solutions de

bicarbonate et pour ce, nous avons étudié séparément l'action des hydrates de fer ou d'aluminium et de la silice sur ces solutions, en opérant avec des concentrations métalliques faibles, analogues à celles pouvant prendre naissance dans la terre.

Hydrate ferrique. — En présence d'un excès d'hydrate de calcium, l'hydrate ferrique est précipité totalement, entraînant une quantité variable de chaux.

Le rapport entre la chaux fixée par une quantité constante d'hydrate ferrique et la chaux totale de la solution, va diminuant avec la concentration de la chaux et tend vers une combinaison équimoléculaire d'hydrate ferrique et de chaux.

Lorsque la chaux est combinée au sucre, à une dose constante d'hydrate ferrique correspond une même quantité de chaux fixée, quelle que soit la quantité de chaux libre en présence : la combinaison est alors de l'ordre

$$Fe^2O^3, 2CaO.$$

Hydrate d'aluminium. — Avec l'hydrate d'aluminium, l'eau de chaux précipite de l'aluminate de calcium cristallisé insoluble; de l'aluminate de calcium soluble prend aussi naissance, dont la formule est $Al^2O^3.3,5CaO$.

Hydrate silicique. — L'hydrate silicique est précipité complètement, sous forme amorphe, correspondant à la formule $SiO^2, 3CaO$.

Les solutions saturées de bicarbonate de calcium, sans excès d'acide carbonique, donnent des résultats différents.

Les hydrates ferriques et siliciques sont sans action dans les mêmes conditions expérimentales; seul, l'hydrate d'aluminium se combine totalement et donne de l'aluminate de calcium insoluble $Al^2O^3, 3CaO$.

D'autre part, comme les matières organiques de la terre se combinent plus complètement avec la chaux qu'avec les bicarbonates, on s'explique pourquoi l'acidité des sols mesurée à l'eau de chaux est très supérieure à celle dosée avec les bicarbonates.

La détermination de l'acidité des sols par les bicarbonates alcalins ne donne donc en résumé que l'acidité *organique* et celle correspondant aux sels d'aluminium et à l'alumine libre.

Ces considérations permettent d'établir la différence essentielle qui existe entre les chaulages et les marnages ou l'addition de calcaire sur les propriétés physiques des sols, et aussi de prévoir l'alcalinité des eaux souterraines, selon la nature de la combinaison calcique apportée aux sols.

BIOLOGIE. — *La pêche à la lumière, moyen d'étude de la faune littorale.* Note de MM. L. **Fage** et R. **Legendre**, présentée par M. Ch. Gravier.

On sait depuis fort longtemps qu'un foyer lumineux, immergé ou disposé pour éclairer les couches superficielles de la mer, attire à son voisinage les animaux les plus variés.

Une application de ce procédé à la pêche des poissons pélagiques : Sardines, Anchois, etc., est d'un usage courant et fort ancien sur certaines parties du littoral méditerranéen. Les naturalistes ont également employé cette technique, occasionnellement, pour se procurer certains matériaux utiles à leurs recherches : éclairage de nasses immergées par H. Fol et par le Dr Regnard (1888) ; pêches à la lumière électrique par le Prince de Monaco, à bord de ses yachts au mouillage, à partir de 1892 ; pêches exécutées dans des buts spéciaux, notamment par Fabre-Domergue et Biétrix (1891-1892) et Fabre-Domergue et Legendre (1906) à Concarneau, Hempelmann (1911) à Naples, Fr. Lillie et E. Just (1913) à Wood's Hole. Mais il semble qu'aucun naturaliste n'ait cherché à tirer parti d'une telle méthode pour l'étude suivie et systématique de la faune pélagique littorale.

C'est, croyons-nous, le professeur Racovitza, alors sous-directeur du laboratoire de Banyuls, qui, le premier, employa la lumière électrique à l'exploration zoologique d'une région déterminée de nos côtes. Ces recherches, auxquelles Fage fut associé dès le début, commencées en 1909, se poursuivirent jusqu'à la guerre ; elles se limitaient à la région profondément découpée et de faciès variés comprise entre Argelès-sur-Mer et le cap Creus.

Au moment de mettre en œuvre l'important matériel ainsi récolté, il nous a paru intéressant d'étendre ces recherches à l'océan afin de comparer les résultats obtenus dans les deux mers. Nous avons donc fait, au cours du dernier été, un premier essai au laboratoire de Concarneau, dans la baie de la Forêt.

L'appareil, construit sur nos indications comprend, une lanterne étanche à six pans, haute de 45^{cm}, soutenue par un flotteur en forme de bouée, de 70^{cm} de diamètre, qui assure la flottaison ; cette lanterne est surmontée d'un générateur d'acétylène lié par un tuyau à un bec éclairant placé près du fond. Un réflecteur projette la lumière vers le bas et les côtés dans une

zone de 4^m à 5^m de rayon, où les animaux sont capturés avec un haveneau.

A l'aide de cet engin très simple, nous avons pu, du 18 juillet au 20 septembre, réaliser douze pêches de nuit particulièrement riches en Crustacés et en Polychètes. Nous citerons, parmi les Crustacés, outre des Copépodes encore indéterminés et parfois extrêmement abondants et quelques larves de Décapodes, des Ostracodes [1] : *Philomedes interpuncta* (Baird) et *Asterope mariæ* (Baird); des Cumacés : *Vaunthompsonia cristata* Bate, *Bodotria arenosa* Goods., *B. scorpioides* (Mont.), *Iphinoe serrata* (Norm.), *Pseudocuma longicorne* (Bate), *Nannastacus unguiculatus* (Bate), *Cumella pygmaea* O. Sars; des Isopodes : *Eurydice inermis* (Risso), *E. pulchra* Leach, *Dynamene bidentata* (Mont.), *Cymodoce granulatum* M. Edw., *C. truncata* (Mont.), *Idothea baltica* (Pallas), *I. pelagica* Leach; des Amphipodes [2] : *Urothoe elegans* Bate, *U. marina* Bate, *Metaphoxus pectinatus* (Walk.), *M. Fultoni* (Scott), *Perioculodes longimanus* (Bate), *Nototropis Swammerdami* (M. Edw.), *Dexamine spinosa* (Mont.), *Tritæta gibbosa* (Bate), *Guernea coalita* (Norm.); des Schizopodes : *Gastrosaccus sanctus* (V. Ben.), *Haplostylus Normani* (O. Sars), *Anchialus agilis* O. Sars, *Siriella armata* (M. Edw.), *S. Clausi* O. Sars, *S. jaltensis* Czern., *Praunus flexuosus* (Müller); parmi les Polychètes, un Aphroditien : *Harmothœ impar* Johns., des Syllidiens : *Odontosyllis gibba* Cl. [3], *Syllis spongicola* Gr. [3], des *Polybostrichus* et *Sacconereis*, des Phyllodociens : *Phyllodoce rubiginosa* St Jos., *P. macropapillosa* St Jos., *Eulalia punctifera* Gr., *E. sanguinea* Oerst. [3], *E. bilineata* (Johnst.), *Pterocirrus macroceros* Gr., *Mystides borealis* Théel., *M. limbata* St. Jos., *Eteone picta* Qfg., un Hésionien : *Magalia perarmata* Mar. et Bob. [3], des Néréidiens : *Nereis irrorata* Malmg. et *Platynereis Dumerilii* Aud., des Spionidiens : *Prionospio cirrata* Wir., *P. Malmgreni* Cl., un Ophélien : *Polyophthalmus pictus* Duj.

De cette énumération il résulte que, à part peut-être les Eurydices et certaines Idothées, les Schizopodes et beaucoup de Copépodes qui sont des pélagiques permanents, les espèces recueillies appartiennent normalement au benthos et ne sont que momentanément pélagiques. Les unes le deviennent au moment de la reproduction; c'est le cas bien connu des Syllidiens, de certains Phyllodociens (les *Mystides* notamment), dont les deux espèces, capturées en grand nombre, étaient à l'état d'*Heteronereis*. Pour ces formes, qui acquièrent à ce moment des organes locomoteurs spéciaux, il devient possible, par ces pêches à la lumière, de préciser l'époque et le déterminisme de leur essaimage qui se fait généralement en un temps très court et à intervalles réguliers.

---

(1) Déterminations de M. P. Paris.
(2) Déterminations de M. Ed. Chevreux.
(3) Déterminations de M. P. Fauvel.

D'autres espèces, au contraire, sont susceptibles de mener une existence pélagique à l'état immature ou durant leurs stades post-larvaires; tels sont les *Harmothoe*, la plupart des Phyllodociens, les *Prionospio cirrata* et *Malmgreni*, le *Polyophtalmus pictus*. Ces trois dernières espèces se signalent particulièrement par leur abondance et leur fréquence dans nos pêches.

Pour d'autres, enfin, nous trouvons, mélangés à quelques jeunes, des adultes, mais uniquement du sexe mâle; c'est le cas notamment des Ostracodes, de la plupart des Cumacés et des Amphipodes. Ce triage s'opère sous l'influence de la lumière à laquelle ces organismes sont spécialement sensibles, au point de se coller par milliers (*Cumella*, *Nannastacus*, *Tritœta*) aux glaces de la lanterne. Mais nous ne sommes pas encore en mesure de faire, avec précision, le départ entre les animaux rendus, pour d'autres causes, momentanément pélagiques et que l'éclat de la lanterne se borne à attirer ou à repousser, et ceux que la seule lumière arrache du fond et force à s'élever vers la surface.

Aussi bien cette Note préliminaire n'a-t-elle d'autre but que de signaler les services que peut rendre le dispositif fort simple, employé par nous, à l'étude biologique de la faune littorale. On surprend ainsi certains organismes benthiques, dans leurs manifestations pélagiques variées que les autres procédés de capture ne révèlent qu'exceptionnellement.

PHYSIOLOGIE. — *Sur les quantités maximales de la réserve glycogénique dans le foie des chiens de différents âges.* Note de Mme Z. **Gruzewska** et de M. **Fauré-Frémiet**, présentée par M. Henneguy.

Nous avons présenté, dans une Communication antérieure [1], les résultats obtenus sur trois chiens soumis à un régime spécial. Les préparations histologiques nous ont montré l'aspect du glycogène et sa localisation dans la cellule hépatique et la fibre musculaire. Dans la cellule riche en glycogène, cette substance se présente sous forme de masses compactes, situées entre les trabécules du protoplasma. On observe sur ces trabécules, qui ne sont que des matières albuminoïdes précipitées par les réactifs, des granulations mitochondriales.

D'autre part, les analyses chimiques, en accord avec les observations

(1) Mme Z. Gruzewska et M. Fauré-Frémiet, *La localisation du glycogène dans le foie et les muscles des chiens nourris en vue de la production maximale de cette réserve* (*Comptes rendus*, t. 173, 1921, p. 255).

histologiques, nous ont permis de préciser les différences fonctionnelles qui existent entre les cellules d'un foie vieux ou insuffisant et d'un foie jeune. Le glycogène, dans le foie d'un chien vieux mis au régime, est localisé dans la zone comprise entre l'espace porte et l'espace sus-hépatique. Les cellules de cette zone sont démesurément agrandies. Dans le foie jeune, toutes les cellules du lobule se distendent presque uniformément pour se remplir de glycogène accumulé dans des proportions formidables (21 pour 100 du foie frais).

Nous avons voulu, en effectuant les expériences que nous apportons aujourd'hui, non seulement préciser les résultats déjà acquis, mais encore, en prolongeant l'alimentation, déterminer le temps pendant lequel la réserve glycogénique accumulée pouvait séjourner intacte dans le foie.

La première série d'analyses a été effectuée sur le foie et les muscles d'un chien très vieux et d'un petit chien jeune.

La deuxième série a été faite sur deux grands chiens jeunes et vigoureux. Tous nos animaux ont été sacrifiés le matin à jeun.

Les méthodes dont nous nous sommes servis, tant pour les analyses chimiques que pour les préparations histologiques, sont les mêmes que dans les expériences antérieures.

Voici le tableau des résultats obtenus.

	Première série. Chiens		Deuxième série. Chiens	
	A. Très vieux.	B. Jeune petit.	C. Jeune vigoureux.	D. Jeune moins vig.
Poids initial avant le jeûne	31kg,200	6kg	23kg,300	18kg,700
Régime	10 jours	10 jours	12 jours	15 jours
Poids du chien après l'alimentation	24kg	6kg	28kg,700	18kg,300
Poids du foie en pour 100	2,788	6,41	3,56	2,72
Composition du foie en pour 100 du poids frais.				
Glycogène	1,03	12,23	14,12	5,34
Albuminoïdes	23,38	14,37	14,06	24,3
H^2O	72,6	69,5	68,1	69,8
Cendres	1,94	1,28	1,1	1,7
Graisses	4,08	1,91	2,08	4,5
Substances contenues dans les muscles en pour 100 du poids frais.				
Glycogène	flacon cassé	2,48	3,9	4,5
Graisses	3,37	1,51	1,75	2,25
H^2O	74,3	77,4	74	75,29

Nous pouvons observer que, dans le foie et le muscle du chien A, le glycogène est en quantité négligeable. Ce chien ne supporte l'alimentation que pendant quelques jours, ensuite il délaisse une grande partie de sa ration et commence à maigrir. Les muscles cependant accusent une quantité de graisse assez notable.

Le chien B se comporte pendant l'expérience d'une façon normale. La quantité du glycogène dans le foie est très forte. Ces analyses se rapprochent sensiblement de celles du chien I dans les expériences antérieures.

Les observations histologiques confirment nos analyses chimiques.

Le foie A : Le diamètre de la cellule $16^{\mu},4$. Le glycogène à peine visible dans quelques cellules. Les mitochondries sous forme de granulations régulières dans un cytoplasma homogène et ne présentant que de rares granulations graisseuses.

Le foie B : Cellules dont le diamètre varie entre $17^{\mu},88$ et $32^{\mu},12$ remplies de gouttelettes glycogéniques, particulièrement volumineuses autour des espaces portes.

Les deux chiens de la deuxième série supportent admirablement le régime.

La ration de C est graduellement augmentée jusqu'à 500^{g} de chaque aliment (riz, sucre et viande de cheval). Le chien mange tout jusqu'au dernier jour. Le chien D se comporte de la même façon, seulement jusqu'à la fin sa ration initiale reste non modifiée.

Le foie C : Toutes les cellules du foie, dont le diamètre varie entre $17^{\mu},6$ et $32^{\mu},51$, sont également remplies de glycogène coagulé en gouttelettes plus ou moins volumineuses. Le cytoplasma est réduit à un fin réticulum dans lequel sont empâtées les granulations mitochondriales parfois en forme de bâtonnets.

Le foie D : Le glycogène en fines gouttelettes dans presque toutes les cellules, particulièrement autour des espaces sus-hépatiques. Le diamètre entre $16^{\mu},8$ et 20^{μ}.

Les petites cellules à granulations mitochondriales très nettes, les grandes cellules réticulées avec granulations mitochondriales en chapelets.

Ces observations confirment nos résultats antérieurs, mais, comme nous avons prolongé le temps de l'alimentation de nos chiens, nous obtenons des maximums de glycogène plus faibles dans les foies. On peut expliquer ce fait de la façon suivante : les fonctions synthétiques de la cellule hépatique dépendent de l'âge et de la force de l'organisme. Dépourvue de sa réserve pendant le jeûne, la cellule hépatique, soumise à un régime spécial, produira le maximum de glycogène.

Ce maximum est caractéristique pour un animal donné. Une fois atteint, le foie se débarrasse du glycogène soit au profit du muscle, soit en le transformant en graisse. Le cycle de la production et de la disparition du glycogène dans le foie peut être représenté par une courbe, dont le maximum, variable avec les individus, est plus ou moins rapproché des premiers jours de l'alimentation. En tout cas, il baisse quand l'animal atteint son poids

initial. Chez les vieux chiens (2 et A), cette courbe est petite et le maximum est bas. Avec les chiens jeunes et vigoureux, c'est l'inverse qui se produit. En prenant les animaux à l'analyse dans la phase ascendante, nous trouverons peu de glycogène, car la réserve n'a pas eu le temps de se former. En prolongeant le temps de l'alimentation, nous tombons sur la phase descendante et le glycogène du foie sera diminué [1].

De ces expériences se dégagent les conclusions suivantes :

1° La suralimentation prolongée par notre régime n'est supportée par le foie que si l'animal est jeune et vigoureux ;

2° La cellule hépatique, soit avec l'âge, soit sous l'influence des conditions défavorables, subit (sans que l'aspect histologique puisse révéler des changements) un affaiblissement plus ou moins grand de ses fonctions glycogéniques ;

3° Pour trouver le maximum de glycogène dans le foie d'un chien soumis à un régime approprié, il faut l'analyser quand l'animal n'a pas encore atteint son poids initial avant le jeûne.

PHYSIOLOGIE. — *Parallélisme entre la sensibilité au réflexe oculo-cardiaque et la sensibilité aux actions toxiques.* Note de MM. **L. Garrelon**, **D. Santenoise** et **R. Thuillant**, présentée par M. Charles Richet.

Au cours de nos recherches sur le choc peptonique et les manifestations anaphylactiques, nous avions constaté l'importance du rôle joué par le système nerveux organo-végétatif dans la production des phénomènes du choc.

Nous avions montré que l'organisme résiste à l'injection de la substance déchaînante dans les états hypovagotoniques. Les états vagotoniques, au contraire, nous ont apparu comme des états de moindre résistance, l'intensité et la rapidité des chocs étant proportionnelles à la vagotonie du sujet.

Nous avons pensé alors que cette relation entre la résistance de l'organisme et le tonus neuro-végétatif était, peut-être, un phénomène général.

Nous nous sommes demandé si, dans les intoxications, il n'existait pas aussi un rapport étroit entre l'état du tonus neuro-végétatif au moment de l'introduction du poison dans le torrent circulatoire et les manifestations morbides consécutives.

---

[1] Ceci expliquerait les différences observées dans le même cas par Pflüger et ses élèves.

Les expériences que nous poursuivons depuis six mois nous ont, en effet, montré l'importance du rôle joué par le système nerveux organo-végétatif au cours des intoxications. Le tonus vago-sympathique conditionne, plus que le poison, plus que la dose employée, la gravité ou la bénignité des accidents.

Nous avons choisi comme substance toxique un poison cristalloïde violent, le cyanure double de zinc et de potassium, dont la toxicité moyenne est de 5^{mg}, 1042 par kilogramme d'après Wehrendpfennig (*Dictionnaire de Physiologie*, de Charles Richet).

Nous avons étudié ici l'état du tonus organo-végétatif en pratiquant sur l'animal anesthésié au chloralose la compression des globes oculaires.

Dès nos premières expériences nous avons été frappés par ce fait que les animaux naturellement vagotoniques (à R.O.C. très marqué) [1] présentaient au poison une résistance beaucoup moindre que les animaux naturellement hypovagotoniques (à R.O.C. peu marqué ou inversé).

En effet, chez les animaux vagotoniques, nous avons toujours observé avec des doses bien inférieures à la dose toxique moyenne (3^{mg} par kilogramme) un arrêt respiratoire prolongé. Si la vagotonie est très prononcée, cet arrêt peut être définitif et la mort extrêmement rapide. Chez les animaux hypovagotoniques, au contraire, nous avons toujours constaté la survie avec ces doses, l'arrêt respiratoire étant de courte durée.

Ce rapport, entre l'état du tonus organo-végétatif et les différentes susceptibilités individuelles des organismes normaux au poison, a été confirmé en modifiant artificiellement l'état vago-sympathique des animaux en expérience.

Dans une première série, nous avons hyperexcité le parasympathique à l'aide de la pilocarpine (1^{cg}). Cette substance a été injectée suivant différents procédés, soit immédiatement avant le cyanure, soit simultanément (les injections, dans ce cas, étant faites, tantôt dans la même veine, tantôt dans les deux saphènes), soit un moment après l'injection de cyanure, alors que l'animal avait repris son rythme respiratoire. Dans toutes ces expériences le résultat est constant, mort rapide de l'animal, beaucoup plus rapide que sur des animaux témoins.

Toutefois, cette mort présente plusieurs modalités :

a. Quand les injections sont simultanées, ou très rapprochées, la mort

---

(1) R.O.C. signifie réflexe oculo-cardiaque.

arrive rapidement (3 à 4 minutes) précédée d'un arrêt respiratoire et d'un affaiblissement graduel de la systole cardiaque, avec ralentissement du rythme, caractéristique d'un cœur asphyxique.

b. Quand l'injection de pilocarpine est faite postérieurement à celle de cyanure, alors que la respiration s'est manifestée à nouveau après l'arrêt habituel, on observe la mort avec arrêt du cœur presque instantané. L'organisme semble sidéré par le toxique, dès que le parasympathique est hyperexcité.

Ces résultats nous ont paru conditionnés bien plus par cette susceptibilité parasympathique que par la dose du toxique injecté. La mort est survenue, en effet, bien des fois, sur des animaux pilocarpinés, avec des doses faibles de cyanure (2^{mg} par kilogramme) qui sur un animal normal (pas très vagotonique) permettent toujours la survie.

Mêmes résultats en remplaçant la pilocarpine par l'ésérine.

Dans une autre série d'expériences, nous avons confirmé un fait déjà vu par Preyer : l'augmentation considérable de la résistance de l'organisme à l'intoxication par le cyanure, au moyen de l'atropine. Avec des doses très voisines de la dose toxique moyenne, la survie de l'animal est très prolongée (30 minutes, alors que l'animal témoin meurt en 10 minutes).

Avec des doses faibles, la survie est la règle, ces mêmes doses amenant la mort chez des animaux naturellement très vagotoniques ou pilocarpinés. Au cours de cette survie une injection de pilocarpine provoque la mort immédiate de l'animal.

Toutefois l'injection d'atropine doit être pratiquée 15 minutes environ avant l'injection du poison, ce délai étant nécessaire pour permettre l'établissement d'une hypovagotonie manifeste (R. O. C. nul). La morphine, dont l'action favorable a été signalée par Henn, nous a paru supprimer aussi le réflexe oculo-cardiaque.

Conclusions. — *La résistance de l'organisme à un toxique est conditionnée par l'état du tonus du système nerveux organo-végétatif, au moment de la pénétration du poison dans le torrent circulatoire.*

a. Chez les sujets à R. O. C. très marqué, on observe toujours une susceptibilité très grande aux poisons, d'autant plus forte que le réflexe est plus accentué (*Réceptivité augmentée*).

b. Chez les sujets à R. O. C. faible, nul, ou inversé, on observe, au contraire, une résistance considérable de l'organisme à l'intoxication (*Résistivité augmentée*).

Quant au mécanisme intime de ces différences de susceptibilité aux intoxications, l'analyse de tous les faits observés au cours de nos expériences nous a conduits à émettre l'hypothèse suivante :

Les manifestations de l'action d'un toxique du système nerveux doivent être fonction de l'imprégnation cellulaire. Cette imprégnation dépend elle-même de l'activité des échanges. Or on connaît les relations étroites qui lient l'activité des échanges des cellules glandulaires à celle du système neuro-végétatif. Pourquoi ne pas supposer que le métabolisme de la cellule nerveuse est lié lui aussi à l'activité de ce système?

Et dès lors, ne peut-on pas penser qu'à l'hypertonus parasympathique correspond une activité plus grande des échanges de la cellule nerveuse et, par conséquent, une absorption plus rapide de la substance toxique. Inversement à un état hypovagotonique correspondraient des échanges ralentis.

Ainsi la sensibilité du pneumogastrique cardiaque à une excitation réflexe d'ordre mécanique serait la mesure de la sensibilité du système nerveux à une intoxication.

PHYSIOLOGIE. — *Toxicité comparée de divers acides pour les Poissons* (Epinoches). Note de Mlle **France Gueylard** et M. **Marcel Duval**, présentée par M. Charles Richet.

L'influence de l'acidité d'un milieu de culture sur le développement des microorganismes a été exactement déterminée par les bactériologistes, mais, à notre connaissance, on n'a pas encore étudié l'influence de l'acidité du milieu extérieur sur la vie des animaux aquatiques. C'est cette étude que nous avons entreprise sur les Poissons, en particulier sur l'Epinoche commune (*Gasterosteus aculeatus*, var. *leiurus*).

Pour réaliser l'acidité du milieu, nous avons employé divers acides, afin d'établir si la toxicité observée est imputable à la seule concentration en ions H, ou si elle est modifiée par la nature même de l'acide : nous avons utilisé successivement les acides acétique, propionique, lactique et phosphorique. Nous avons mesuré l'acidité par la méthode colorimétrique et nous indiquons les différentes valeurs de cette acidité par la notation en P_H préconisée par Sörensen.

Le milieu d'expérience est l'eau distillée, préparée au laboratoire dans des appareils de verre. Afin d'éviter les variations de la concentration en ions H pendant la durée des expériences, nous ajoutons une dose suffisante

$\left(\frac{N}{50}\right)$ du sel de sodium de l'acide étudié, sel reconnu d'autre part inoffensif pour le poisson et qui agit comme « tampon ». Cette précaution est indispensable, car nous avons constaté que les Poissons placés dans l'eau distillée légèrement acidifiée y rétablissent spontanément et très rapidement une réaction voisine de la neutralité.

A la solution ainsi préparée, on ajoute quelques gouttes de l'acide dilué, en nombre suffisant pour l'amener au P_H voulu. Chaque poisson est placé, au sortir de l'aquarium et après lavage à l'eau distillée, dans 100^{cm^3} de liquide et l'on observe la durée de survie dans chaque cas. Les tableaux et les courbes ci-joints résument ce travail : chacun des résultats indiqués a été établi à la suite de plusieurs expériences faites dans les mêmes conditions, la durée de survie est d'ailleurs très sensiblement la même pour plusieurs individus traités de façon identique.

Acide phosphorique.

P_H.	Durée de survie.
	h m
2,2	0.15
2,4	20
2,6	30
2,8	30
3,0	40
3,2	47
3,3	55
3,4	57
3,6	1.15
3,8	5
4,0	8

Acide lactique.

P_H.	Durée de survie.
	h m
2,8	0.12
3,2	17
3,4	30
3,6	37
3,8	1. 5
4,0	2.35
4,2	5.15
4,4	8

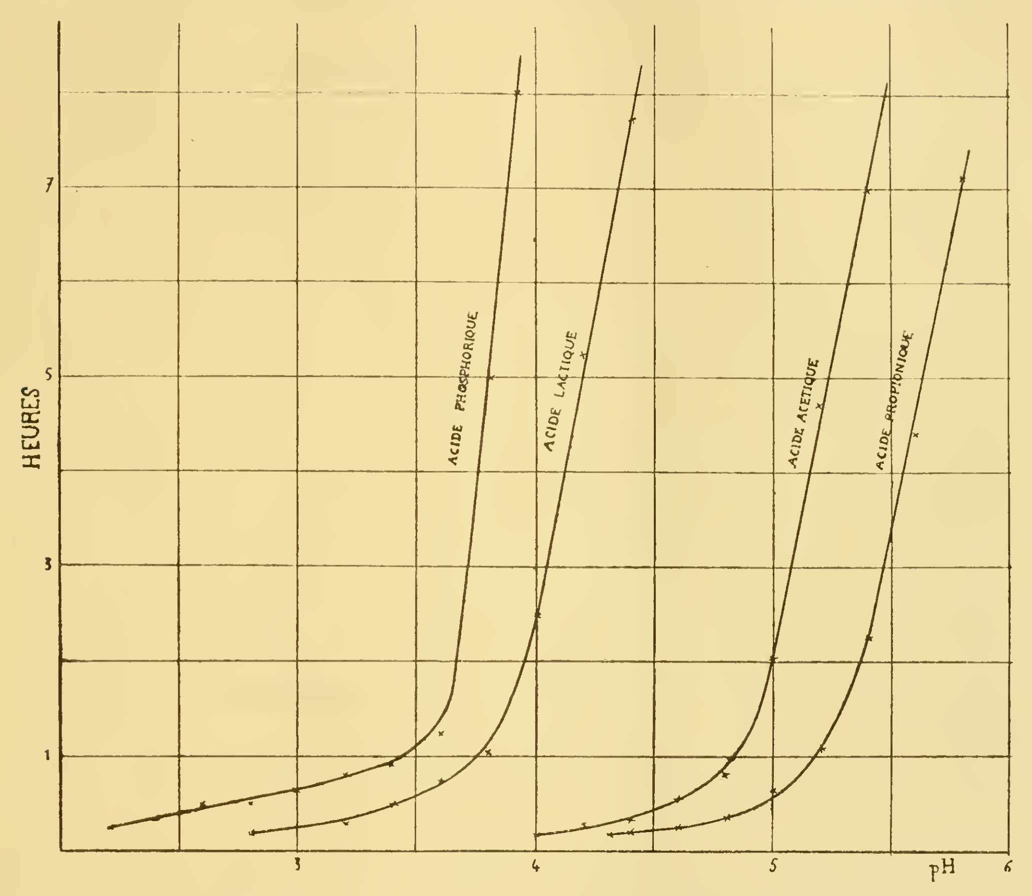
Acide acétique.

P_H.	Durée de survie.
	h m
4,0	0.11
4,2	16
4,4	18
4,6	37
4,8	48
5,0	2. 5
5,2	4.40
5,4	7.20

Acide propionique.

P_H.	Durée de survie.
	h m
4,3	0. 9
4,4	12
4,6	14
4,8	22
5,0	39
5,2	1.10
5,4	2.15
5,6	4.20
5,8	7. 7

Comme le montre l'examen de ces documents, la durée de survie est très différente pour un même acide suivant le P_H : elle croît lentement d'abord, puis très rapidement, quand la concentration en ions H diminue. Mais en outre, suivant l'acide utilisé, la durée de vie varie dans une grande



mesure pour les mêmes valeurs de P_H, et telle concentration en ions H qui permet la vie pendant plusieurs heures lorsqu'elle est due à l'acide phosphorique entraîne la mort en quelques minutes si elle est obtenue par l'acide acétique : ainsi pour $P_H = 4$ les Épinoches vivent plus de 8 heures dans l'acide phosphorique, 2 heures et demie dans l'acide lactique, seulement 11 minutes dans l'acide acétique, et moins encore dans l'acide propionique.

La plus ou moins grande concentration en ions H n'est donc pas seule cause de la mort rapide des Épinoches dans les solutions acidifiées : la nature de l'acide intervient également et dans une grande mesure.

HISTOLOGIE. — *Régénération caudale chez* Polygordius neapolitanus *Fr.* Note de M. **Aug. Michel**, présentée par M. Henneguy.

Les *Polygordius* se prêtent à la régénération caudale à la suite de sections artificielles; j'ai même pu pratiquer jusqu'à 6 coupes successives sur les mêmes individus. Le premier jour les parois s'accolent par flexion et l'anus ainsi reconstitué reste terminal. Le bourgeon se montre de quelques jours à une semaine après la section. Sa base acquiert bientôt le pourtour du corps, puis s'étrangle circulairement, limitant ainsi le pygidium; au bout de 5 à 10 jours, le bourgeon a, suivant les individus, la longueur de 1 à 3 anneaux anciens; quelques-uns ont régénéré jusqu'aux trois quarts du corps restant. Au simple aspect, la métamérisation apparaît sur la base du bourgeon, après quelques jours par des traces superficielles, après une semaine environ par un cloisonnement interne; le nombre des segments régénérés est ordinairement d'une dizaine à une vingtaine en 2-3 semaines.

Pour l'étude histologique par des coupes, l'absence de parapodes et de soies gêne l'orientation. La paroi et l'intestin se continuent par accroissement; puis entre les deux se forme un mésenchyme plus ou moins massif, avec limites dues à l'intestin et bientôt à l'épiderme s'en séparant. Cette masse moyenne, après un début de différenciation, se creuse en chambres cœlomiques de chaque côté et en séries; par l'accroissement de ces cavités les intervalles s'allongent et s'amincissent en cloisons : de là entre les chambres paires les mésentères ventraux, puis les dorsaux, et entre les chambres successives les dissépiments.

L'épiderme, de suite différencié, puis limité, produit aussi vite une cuticule épaisse, source de nouvelles difficultés techniques, surtout pour les coupes longitudinales. La couronne pygidiale, saillante, différencie rapidement ses cellules glandulaires. L'épithélium intestinal se reforme cilié.

Pour régénérer le névraxe, l'épaississement épidermique, qui d'ailleurs conserve cette normale situation superficielle, est une des plus hâtives différenciations; aussi bientôt la masse nerveuse forme saillie interne, et sur ce bord les cordons fibrillaires, surtout les latéraux, apparaissent, et augmentent comme, en dehors, la couche cellulaire.

Des cellules fusiformes naissent dans le mésenchyme, déjà orientées; plus loin elles s'allongent encore plus, en fibres musculaires longitudinales et transversales; ces diverses fibres ne peuvent être examinées simultané-

ment que pour certaines régions, par des coupes tangentielles. Une couche de fibres longitudinales se forme en dedans et tout le long de la paroi, sauf ventro-médianement contre le névraxe. Cette couche est unique, mais épaisse; de plus les fibres s'allongent jusqu'à descendre dans le pygidium; certaines fléchissent dans les cloisons; vu la longueur de ces fibres, d'une part sur les coupes longitudinales elles ne peuvent être suivies d'un bout à l'autre, et par suite il est rare d'y rattacher sûrement un des noyaux voisins; d'autre part, sur une coupe transversale, si le rattachement net d'une fibre et de son corps nucléé est plus visible, ce niveau ne s'y rencontre que pour quelques fibres : ainsi pour chaque cellule la section d'une fibre n'est d'abord qu'un point, plus loin un trait, s'il y a lieu, terminé vers l'intérieur par le noyau. Les fibres transversales, issues du mésenchyme vers l'extrémité du bourgeon, développent en s'écartant par groupes : 1° les cavités cœlomiques; 2° les dissépiments fins, qui séparent ces cavités par des fibres, ultérieurement la plupart ventro-dorsales; 3° les muscles « transverses » qui se maintiennent dans ces cavités en faisceaux successifs ventro-latéraux, les traversant et les divisant obliquement de chaque côté en ventrale et dorsale. Ces cavités, par une rapide différenciation, sont bordées d'un cœlothèle fin; il se distingue plus aisément sur les minces dissépiments, vus de face dans des coupes transversales. D'autres fibres, plutôt circulaires, se développent de suite sous la paroi de tout le pygidium, mais davantage vers l'extrémité en un sphincter anal. Une couche mince de circulaires se voit aussi à l'intestin. Mais, du moins à cette période de la régénération, il n'y a pas de ces fibres dans la paroi du corps, la couche de fibres longitudinales étant appliquée contre la basale épidermique.

Les vaisseaux debutent dans le mésenchyme par un « sinus sanguin » à l'extrémité du bourgeon, un vaisseau ventral qui contribue à développer le mésentère ventral, puis des anses annulaires près des nouveaux dissépiments.

Ainsi, chez *Polygordius* en régénération caudale, la métamérisation paraît renaître par le rétablissement d'une zone d'accroissement, encore normalement placée avant le pygidium, puisque par contre les faisceaux n'y semblent qu'irréguliers. Or le mécanisme déterminant s'y montre une ordination dans l'ensemble déjà assez condensé des fibres transversales : si l'organisation segmentaire n'est pas aussi complexe chez *Polygordius* que chez les groupes élevés, cependant sa métamérisation régénérée n'est pas aussi simple qu'aurait pu le faire espérer son titre d'Archiannélide.

EMBRYOGÉNIE. — *Sur la maturation* in vitro *et l'activation par piqûre des œufs ovariens de* Rana fusca *à l'époque de la ponte.* Note de M. H. Barthélémy, présentée par M. Henneguy.

Dans une Note précédente [1] nous avons établi que la maturation des œufs de la cavité générale de la Grenouille rousse (*Rana fusca*) peut s'opérer *in vitro* en présence d'oxygène, soit dans le sérum sanguin de l'animal, soit dans des solutions dans l'eau distillée de NaCl isotoniques au sang de Grenouille. Ces mêmes facteurs, oxygène et isotonie, agissent-ils encore dans la maturation des œufs ovariens à l'époque des pontes?

Soulignons dès à présent que notre but n'a pas été d'étudier la déhiscence de l'œuf, problème tout autre, mais sa maturation. Notre technique et nos réactifs sont ceux employés pour l'étude des conditions de maturation des œufs de la cavité générale : piqûre par le sperme frais, immersion dans le sérum sanguin, l'eau ordinaire ou distillée aérées, les solutions dans l'eau distillée de NaCl à 3, 4, 7, 10 pour 1000 et l'extraction de l'oxygène des enceintes d'expériences par le pyrogallate de K. Les résultats acquis par deux années de recherches ne furent pas toujours positifs. Dans quelques cas, pour des raisons que nous ignorons, nous ne pûmes obtenir la maturation des œufs soumis au traitement. Les œufs ovariens expérimentés peuvent être groupés dans deux catégories.

I. Les œufs sont en déhiscence; les uns adhèrent encore aux ovaires, les autres, en nombre plus ou moins grand, se trouvent dans la cavité générale et même dans les conduits. Pour les auteurs, en particulier Carnoy, Lebrun et Bataillon, qui ont fait l'étude cytologique de la maturation, au moment de la déhiscence tous les œufs seraient sensiblement au même stade d'évolution, leur vésicule germinative disparaissant dans l'ovaire quelques minutes seulement avant qu'ils ne tombent dans le péritoine. Dans tous ces cas, les œufs ovariens se comportent comme ceux de la cavité générale. La maturation des uns et des autres s'effectue *in vitro* au bout de 20 à 30 heures au laboratoire (18°-20°) en présence de l'air humide ou après immersion soit dans le sérum aéré, soit dans des solutions aérées de NaCl à 7 pour 1000 dans l'eau distillée. Là encore, une température plus basse (8°-10°) retarde la maturation des œufs ovariens. L'absence d'oxygène et les solutions hypertoniques ou hypotoniques même aérées ne la provoquent pas.

---

(1) *Comptes rendus*, t. 175, 1922, p. 1102.

II. Tous les œufs, sans exception, sont adhérents aux ovaires. Ce sont certains de ces lots d'œufs qui ne purent mûrir dans nos réactifs pour des causes que nous n'avons pu élucider. Pourtant, avec la plupart des animaux opérés, les résultats furent positifs et la maturation se produisit à la température du laboratoire après 2 ou 3 jours de traitement, soit à l'air humide, soit par immersion dans le sérum aéré de Grenouille, ou dans des solutions aérées dans l'eau distillée de NaCl à 7 pour 1000. De tels œufs ovariens rendus mûrs se segmentent après piqûre au sperme, et l'émiettement cellulaire est poussé assez loin, même jusqu'au début de la gastrulation. Mais, ni dans les milieux privés d'oxygène, ni dans les solutions de NaCl hypertoniques ou hypotoniques, même aérées, nous ne constatâmes à aucun moment la moindre segmentation après la piqûre au sperme. Dans quelques récipients témoins, souillés par le développement de bactéries, la maturation n'eut pas lieu même dans le NaCl à 7 pour 1000, alors que des œufs du même animal arrivaient à maturité dans des solutions aérées et limpides de NaCl à 7 pour 1000.

Conclusions. — 1° Tout comme pour les œufs de la cavité générale, à l'époque de la ponte, la maturation *in vitro* des œufs ovariens de Grenouille rousse peut se produire dans la plupart des cas en présence de l'oxygène de l'air, soit en chambre humide, soit dans le sérum aéré de l'animal ou dans les solutions aérées de NaCl à 7 pour 1000 dans l'eau distillée. L'absence d'oxygène et les solutions hypertoniques ou hypotoniques, même aérées, ne la provoquent pas. 2° La piqûre au sperme des œufs ovariens rendus mûrs déclenche non seulement des segmentations, mais un début de développement embryonnaire parfois assez avancé, allant jusqu'au début de la gastrulation.

Remarque. — Nous avons étudié plus spécialement le cas de la Grenouille rousse. Chez d'autres Batraciens, les phénomènes de maturation peuvent être beaucoup plus précoces. C'est ainsi que chez le Crapaud (*Bufo vulgaris*), comme l'ont montré les études cytologiques de Lebrun « quand l'œuf tombe dans le péritoine, il est prêt à être fécondé... Il est d'ailleurs expulsé immédiatement en dehors du corps de l'animal sans aucun arrêt dans l'oviducte ». En 1920, sans traitement préalable, nous avons piqué au sperme de l'espèce les œufs de la cavité générale de deux femelles de *Bufo vulgaris* en déhiscence (200 à 300 œufs dans la cavité générale, quelques rares adhérents aux ovaires). La segmentation s'est produite dans les délais habituels, suivie d'un développement, abortif, fréquent dans toutes les opérations de polyspermie.

OCÉANOGRAPHIE. — *Rapport préliminaire sur la campagne du* Pourquoi-Pas? *en* 1922. Note de M. **Charcot**, présentée par M. L. Joubin.

Le programme de la croisière du *Pourquoi-Pas?* avait été établi d'accord avec les Ministères de la Marine (Service Hydrographique) de l'Instruction publique (Muséum national) et l'Office scientifique et technique des Pêches.

Au dernier moment le Ministère des Affaires étrangères et l'Office national de Météorologie ont chacun de leur côté profité de l'itinéraire adopté pour ajouter leurs desiderata aux travaux proposés.

La première partie de la croisière, du 26 juin au 10 août, comportait une série d'études scientifiques dans l'Atlantique nord, une mission diplomatique et de renseignements aux Iles Feroë, des observations météorologiques transmises par T. S. F. pendant toute la navigation.

La deuxième partie de la croisière, du 16 août au 26 septembre, devait comprendre une série d'études continuant celles de l'année précédente, dans la Manche et en dehors des observations océanographiques habituelles, une étude systématique des fonds.

Malgré un mauvais temps persistant et tout à fait exceptionnel, le programme, bien qu'avec difficulté, a pu être rempli, faisant de cette croisière de 1922 une des plus riches en résultats, et le rapport sur les travaux du *Pourquoi-Pas?* porte sur :

Première partie. — Observations météorologiques prises d'accord avec l'Office national météorologique et transmise par T. S. F. dans le but d'étudier une organisation pour la prévision du temps.

Stations hydrométriques formant coupe entre la côte d'Irlande et le banc de Porcupine. (Avec tableau des résultats.)

Étude géologique des fonds du banc de Porcupine et continuation de l'étude géologique du banc de Rockall.

Prises de plankton avec étude de celui-ci sur place depuis le départ de Cherbourg jusqu'aux Feroë et retour. Études botaniques, algologiques et géologiques en Irlande, Écosse et Feroë. (Quelques beaux spécimens d'un conifère fossile trouvé dans les mines de charbon des Feroë ont été rapportés.)

Études sur la pêche à la morue dans le voisinage des Feroë.

Renseignements sur la pêche aux harengs aux Hébrides.

Renseignements divers intéressant la navigation.

Deuxième partie. — Stations hydrométriques constituant, de 20 milles en 20 milles environ, 4 coupes transversales obliques de la Manche depuis la côte anglaise jusqu'à la côte française. (Avec tableau des résultats.)

64 stations de dragages spéciaux venant s'ajouter aux 57 stations de l'année précédente permettant de donner des renseignements très précis sur la nature du fond, et d'envisager la carte géologique de la Manche.

C'est la première étude géologique systématique pratiquée au fond d'une mer. Les échantillons rapportés pour étude et collections sont extrêmement abondants, les fossiles sont en grand nombre et ceux d'ammonites en particulier sont vraisemblablement les premiers recueillis au fond de la mer. Ces résultats ont été obtenus grâce à une technique un peu spéciale et des instruments transformés.

Étude du plankton pendant tout le trajet et de la faune sur les différents fonds.

Les dragages géologiques ont permis, en dehors de leur but spécial, de préciser des régions assez vastes où la pêche aux pectens pourrait être pratiquée avec succès et ils fournissent des renseignements pour l'établissement des cartes de pêche.

Le chef de la Mission était le D[r] Charcot capitaine de corvette, commandant le *Pourquoi pas* ?.

Les observations météorologiques étaient confiées à M. l'enseigne de vaisseau R. Kilian.

Les observations hydrométriques à M. Pierre Le Conte.

Les recherches biologiques et géologiques à MM. Pierre et Louis Dangeard et à M. G. Hamel.

Les nombreuses collections et échantillons, les observations et documents sont répartis par le chef de Mission pour étude et mise en valeur dans les différents Services, laboratoires et institutions compétents et quelques-uns sont dépouillés par les membres de la Mission eux-mêmes, notamment le plankton par M. P. Dangeard et la géologie de la Manche par M. L. Dangeard.

Ces études demanderont un temps assez long vu l'abondance des matériaux, mais le chef de Mission possédait les éléments nécessaires lui permettant d'établir ce rapport préliminaire déjà rempli de renseignements qui est accompagné de rapports de ses collaborateurs, de six cartes, et d'un schéma de drague gélogique.

HYDROLOGIE THÉRAPEUTIQUE. — *Sur un mode d'action des eaux thermales de Vichy utilisées aux griffons.* Note[1] de MM. **A. Desgrez** et **H. Bierry**, présentée par M. Charles Moureu.

Parmi les déchets de notre organisme figurent certains acides destinés à l'émonctoire rénal, soit en nature, soit sous la forme de combinaisons variées. Des mécanismes régulateurs président à ces combinaisons et à ces éliminations; il en résulte un équilibre *acide-base* qui laisse subsister une légère réaction alcaline du milieu intérieur. Si ces mécanismes viennent à se déranger, il s'établit un « état d'acidose » contre lequel l'organisme se défend par émission d'urine hyperacide et par un appel à l'ammoniaque issue des protéines.

Nous avons déjà attiré l'attention [2] sur cet état d'acidose qui peut se rencontrer au cours de divers processus pathologiques (diabète, mal de Bright) et nous avons indiqué, à la suite de Walter, Palmer et Henderson, comment il doit être décelé par l'épreuve au bicarbonate de soude. La réponse de l'organisme à cette épreuve peut être interprétée par les variations de l'acidité ionique urinaire et par celles de l'acide carbonique. D'après nos observations, nous considérons qu'une réduction de cette acidité qui demeure, dans les 5 heures suivant l'ingestion du bicarbonate, inférieure de 6 fois à sa valeur initiale, ne peut être notée comme une réponse. Nous admettons, par exemple, qu'un abaissement de la concentration en ions H^+ de 40×10^{-7} à 10×10^{-7} seulement, après l'épreuve, permettra de diagnostiquer un état d'acidose.

Il s'agit, dans ces cas, de réponse de l'organisme à l'ingestion de fortes doses de bicarbonate alcalin $\left(4^g \text{ de } NaHCO^3\right.$ correspondant approximativement à 500^{cm^3} de solution $\left.\frac{N}{10}\right)$, mais on pouvait se demander comment l'organisme réagirait vis-à-vis de doses beaucoup plus faibles. A cet effet, il était indiqué, en appliquant ces données, de suivre les variations du P_H urinaire au cours du traitement hydrominéral de Vichy. Nous avons fait cette étude à la station même, pendant la dernière saison.

Tout d'abord, il était nécessaire d'établir des points de repère et de préciser les divers temps des opérations.

Nous avons vu que, dans des conditions physiologiques bien déterminées, un sujet normal présente un P_H urinaire jouissant d'une certaine fixité et

---

(1) Séance du 4 décembre 1922.

(2) Desgrez, Bierry et Rathery, *Comptes rendus*, t. 175, 1922, p. 117.

pouvant servir de terme de comparaison pour les épreuves ultérieures. Nous avons pris, pour la détermination de ce P_H, l'urine émise de 6^h30^m à 8^h30^m par le sujet à jeun.

Si l'on adopte le changement de réaction ionique urinaire comme critère de la réponse de l'organisme, on constate qu'il existe toute une marge où les eaux de Vichy (¹) peuvent être administrées sans amener de modification de réaction, et cela jusqu'à une dose qui, d'emblée, déclanche une variation importante du P_H. Nous appellerons donc *dose-seuil* d'une eau soumise à l'essai la quantité liminaire nécessaire pour déterminer le seuil de la variation ionique de l'urine. Comme seuil nous prenons, pour des raisons physiologiques qui ne peuvent être développées ici, une réduction de l'acidité ionique d'abord inférieure (de trois fois au moins et quatre au plus) à sa valeur initiale, dans les deux heures qui suivent l'ingestion, puis plus faible encore, dans l'heure ou les deux heures consécutives. Par exemple, avec un abaissement de la concentration en ions H^+ de 100×10^{-7} à 25×10^{-7}, d'abord, puis à 16×10^{-7} (²), chez un sujet donné, nous dirons que la *dose-seuil* d'eau minérale a été atteinte.

Les variations correspondantes du P_H sont très faciles à réaliser; on dispose, en effet, d'un contrôle qui consiste à faire deux déterminations sur la même urine, avec deux colorants différents, si l'on utilise comme nous l'avons fait, les techniques décrites par Sörensen et Clark (³).

Détermination de la dose-seuil. — L'épreuve doit être pratiquée sur un sujet maintenu à jeun pendant toute la matinée et n'ayant pas pris de bicarbonate de soude depuis au moins huit jours. Son urine est recueillie, de 6^h30^m à 8^h30^m, avec les précautions nécessaires pour éviter la perte de CO^2. Le P_H est immédiatement déterminé. Un quart d'heure après, le sujet absorbe, par exemple, 150^{cm^3} de l'eau d'une source donnée, puis, une heure après, un égal volume de la même eau. On détermine le P_H des urines émises 2 heures, puis 3 heures après l'ingestion.

Variations individuelles. — De même que chaque individu présente, dans

(¹) Nous avons déterminé, à diverses reprises, le P_H et la température des principales sources (Grande-Grille, Chomel, Hôpital, Célestins, Mesdames et Parc). Toutes ces eaux présentent, à leur émergence, une très légère acidité ionique, avec un P_H variant de 6,6 à 6,8.

(²) Une urine de P_H 4,8 renferme de très petites quantités de bicarbonates; une urine de P_H 7,4 en renferme des quantités importantes

(³) Clark, *The determination of hydrogen ions*. Williams and Wilkins, Baltimore 1920.

des conditions physiologiques déterminées, un P_H urinaire qui lui est propre, variable, suivant les sujets, entre 4,6 et 7, de même chaque sujet réclame une *dose-seuil* adéquate à sa réaction individuelle.

Pour donner un exemple, une même quantité d'eau de Vichy (175^{cm^3} de la source Chomel à 8^h45^m, et 175^{cm^3} à 9^h45^m) capable d'amener, chez un premier sujet, 2 heures après l'ingestion, une réduction urinaire de la concentration en ions H^+ de 100×10^{-7} à 63×10^{-7}, peut, chez un deuxième sujet, dans le même temps, faire tomber cette concentration de 160×10^{-7} à $0,40 \times 10^{-7}$.

La détermination de la *dose-seuil*, pour chaque sujet, présente donc un réel intérêt.

P_H *urinaire au cours du traitement de Vichy.* — En général, au cours du traitement hydrominéral, on prescrit, au début, de faibles doses, qui sont progressivement augmentées jusqu'à un certain taux, puis, le plus souvent, méthodiquement diminuées.

Nous avons eu l'occasion de suivre les variations du P_H urinaire chez des hommes normaux, de même que, à des étapes différentes du traitement, chez des sujets atteints de troubles divers (diabète, lithiases, cirrhoses, etc.). Nous constations, par exemple, que le P_H, déterminé au 15e jour, le matin à jeun, pouvait dépasser 7, chez certains malades; chez d'autres, il restait inférieur à 6; chez d'autres enfin, il ne dépassait pas 5,4. Par contre, un sujet hyperchlorhydrique, qui ajoutait du bicarbonate de soude à l'eau de Vichy de son traitement, présentait, le matin à jeun, un P_H très voisin de 8.

Ces exemples mettent en évidence le grand intérêt qui s'attache à suivre les variations du P_H urinaire au cours de la cure, de façon à dépister les états d'acidose et à déterminer la quantité d'eau appropriée à chaque cas, suivant l'effet à obtenir.

Conclusions. — L'étude des variations du P_H urinaire, pratiquée dans les conditions que nous venons de préciser, permet : 1° de déterminer ce que nous appellerons l'épreuve de la *dose-seuil*, dans le traitement hydrominéral de Vichy; 2° de suivre les effets des eaux de ce groupe sur l'équilibre *acide-base* de l'organisme; 3° de dépister les « états d'acidose » et de fixer, pour chaque sujet, la quantité d'eau minérale appropriée à ses réactions individuelles.

La séance est levée à 4^h35^m.

E. P.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

Ouvrages reçus dans les séances de novembre 1922.

Cours d'Analyse mathématique, par Édouard Goursat. Troisième édition. Tome III : *Intégrales infiniment voisines. Équations aux dérivées partielles du second ordre. Équations intégrales. Calcul des variations.* Paris, Gauthier-Villars et Cie, 1923; 1 vol. 25cm.

Principes de la théorie des fonctions elliptiques et applications, par P. Appell et E. Lacour. Deuxième édition, avec le concours de R. Garnier. Paris, Gauthier-Villars et Cie, 1922; 1 vo. 25cm.

Quand la lumière fut.... Tome I : *Les cosmogonies anciennes*, par Louis Maillard. Paris, Les Presses universitaires de France, s. d.; 1 vol. 25cm.

A la conquête du mont Everest, par C. H. Howard-Bury. Traduction française par G. Moreau. Préface du Prince Roland Bonaparte. Paris, Payot et Cie, 1923; 1 vol 25cm.

Medicus. Guide-Annuaire des étudiants et des praticiens. Année 1923, par A. Rouzaud. Paris, chez l'auteur, 1922; 1 vol. 25cm.

Introduction à la théorie de la relativité. Calcul différentiel absolu et géométrie, par H. Galbrun. Paris, Gauthier-Villars et Cie, 1923; 1 vol. 25cm.

Chimie industrielle, par Paul Baud. Paris, Masson et Cie, 1922; 1 vol. 24cm. (Présenté par M. A. Haller.)

ERRATA.

—

(Séance du 20 novembre 1922.)

Note de M. *V. Van Straelen*, Les Crustacés décapodes du Callovien de la Voulte-sur-Rhône (Ardèche) :

Page 982, ligne 6, *au lieu de* après celle, *lire* après celles; ligne 13, *au lieu de* Penaides, *lire Penaeidea;* ligne 14, *au lieu de* Carides, *lire Caridea;* ligne 16, *au lieu de* Stenopides, *lire Stenopidea.*

Page 983, ligne 1, *au lieu de* pour désigner le genre des Fucoïdes, *lire* pour désigner des Fucoïdes.

Note de M. *Pierre Lesage*, Action comparée de la sylvinite et de ses composants sur les premiers développements des plantes :

Page 994, ligne 4 en remontant, *au lieu de* volume, *lire* mélange.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE PUBLIQUE ANNUELLE DU LUNDI 18 DÉCEMBRE 1922.

PRÉSIDÉE PAR M. ÉMILE BERTIN.

En ouvrant la séance M. **Émile Bertin** prononce l'allocution suivante :

Messieurs,

La tâche funèbre que votre Président doit remplir dans la séance publique annuelle est cette année particulièrement lourde. Six de nos confrères ont été enlevés à notre affectueuse estime : ce sont MM. **Jordan**, **Ranvier**, **Laveran**, **Favé**, **Bouty** et **Lemoine**. Nous avons perdu aussi *deux* associés étrangers : M. **Ciamician** et S. A. S. le **Prince de Monaco** et *onze* correspondants.

Camille Jordan avait été élu en 1881, en remplacement de Chasles. Il était le doyen de notre Compagnie et a compté près de 41 ans de présence à nos séances, où jusqu'à son dernier jour il a été très assidu. Les recherches de notre illustre confrère ont eu tout particulièrement pour but d'approfondir la *théorie de l'ordre* au point de vue de la Géométrie pure et de l'Analyse. Au début de sa carrière, il s'était occupé des polyèdres dans un beau Mémoire consacré à la Géométrie de situation. Ses travaux sur la symétrie et les groupes de mouvement ont devancé les recherches modernes sur les groupes de transformations, et ont été utilisés par les théoriciens de la cristallographie. Ils portaient déjà la marque de la puissance d'esprit de leur auteur. Mais c'est surtout dans la théorie des substitutions et des équations algébriques que Jordan laisse une trace profonde. Dans un Ouvrage considérable sur *les Substitutions*, il a fait une étude approfondie des idées dont Galois n'avait pu que fournir l'ébauche dans sa carrière sitôt interrompue, en y ajoutant des résultats fondamentaux sur les groupes primitifs, les groupes transitifs et les groupes composés. Plus récemment, Jordan a été un précurseur dans la théorie des fonctions de variables réelles. On lui doit la notion capitale de fonction à variation bornée et d'importantes pro-

positions sur la mesure des ensembles, qui ont ouvert la voie aux recherches actuelles sur cette partie de l'Analyse. La puissance d'abstraction de Jordan était extraordinaire. Il se jouait au milieu des discussions les plus subtiles sur des concepts comme ceux de *groupes* ou de *substitutions*, se plaisant à aborder les questions dans toute leur généralité, comme s'il craignait que quelque particularité l'empêchât de voir les vraies raisons des choses.

Que vous dirai-je de l'homme? Jordan a été un grand honnête homme, dans toutes les acceptions du mot. Il a continué la tradition des philosophes chrétiens et des penseurs, auxquels est due la renaissance du catholicisme parisien au commencement du siècle dernier. Notre cher confrère était le chef d'une famille modèle, et il a été de ceux qui ont payé le plus cruel tribut pour le salut de la France. L'un de ses fils, Charles Jordan, ancien capitaine de zouaves, devenu prêtre Sulpicien au Séminaire d'Issy, fut tué en septembre 1914. Un autre de ses fils, Pierre Jordan, capitaine d'artillerie, tomba, à son tour, peu de temps après.

Un troisième fils fut gravement blessé à la même époque. Enfin un de ses petits-fils succomba à son tour. Pour moi, je perds à la fois un confrère et un vieil ami, nos relations datant du temps où j'étais élève à l'École du Génie maritime et où Jordan terminait son séjour à l'École des Mines.

Le 22 mars, nous perdions **Louis Ranvier** qui nous appartenait depuis trente-cinq ans. Peu d'entre nous l'ont personnellement connu, car depuis plus de vingt ans il avait quitté Paris, et depuis lors il n'est jamais revenu parmi nous. Ranvier a grandement honoré notre pays par ses travaux. Il a été un digne successeur de Bichat, et le maître de l'histologie française. Pendant plus de trente années, Ranvier travailla au Collège de France avec une ardeur inlassable, et y fit les belles découvertes qui ont illustré son nom. Son œuvre comprend tout le domaine de l'histologie. Habile technicien et ingénieux expérimentateur, il a trouvé un nombre considérable de faits nouveaux d'une grande importance. On peut dire qu'il a créé l'histologie expérimentale. Ses magistrales leçons sur *le système musculaire, le système nerveux, les appareils nerveux terminaux des muscles de la vie organique* sont classiques. Son célèbre *Traité technique d'Histologie* est une œuvre absolument originale, qui est encore aujourd'hui entre les mains de tous les histologistes. Ranvier, jugeant à 65 ans qu'il avait fini son œuvre, et, passant à d'autres le flambeau, s'était désintéressé de la science pour se consacrer aux travaux champêtres dans sa belle propriété de Thélys, près de Roanne, où il s'est éteint doucement dans sa quatre-vingt-huitième année.

Alphonse Laveran est mort le 18 mai dernier. Ses études sur le paludisme ont rendu son nom célèbre. C'est en qualité de médecin militaire de l'hôpital de Bône et ensuite de Constantine qu'il entreprit ses recherches sur cette redoutable affection. Elles le conduisirent à l'agent spécifique de la maladie, désigné le plus souvent aujourd'hui sous le nom d'hématozoaire de Laveran. Notre confrère soupçonna bientôt après le rôle des moustiques dans la propagation de la maladie. Ardemment combattue tout d'abord, son hypothèse fut confirmée par divers savants anglais. Le *Traité du paludisme* de Laveran est une œuvre magistrale, où il a rassemblé ses travaux sur cette maladie endémique, qui tend à disparaître quand on prend les précautions nécessaires, comme on l'a vu aux environs du canal de Suez et dans maintes parties de l'Italie. Laveran a étudié aussi d'une manière systématique divers hématozoaires et sporozoaires, et notamment les hématozoaires endoglobulaires des oiseaux. On lui doit encore d'importantes recherches sur les *trypanosomes et trypanosomiases*. Tel est le titre d'un beau volume, où notre confrère étudie en particulier le tripanosome de la maladie du sommeil. L'âge n'avait pas ralenti son activité scientifique, et, pendant la guerre il a publié un livre sur les protozoaires du genre *Leishmania*. Laveran était d'un naturel réservé; il fut l'homme de son laboratoire qu'il ne quittait presque jamais, se refusant même toute vacance. Sa vie a été tout entière consacrée à la science, et les services qu'il a rendus à l'humanité souffrante vaudront à son nom la reconnaissance publique.

La mort a frappé presque subitement **Louis Favé** le 30 juillet. Il appartenait au corps des Ingénieurs hydrographes, et une grande partie de sa carrière administrative a été consacrée à des études sur la mer et ses mouvements, ainsi que le relevé des côtes et le relief du fond des Océans. On lui doit d'ingénieux instruments scientifiques nouveaux, mais l'appareil de beaucoup le plus intéressant imaginé par Favé est son marégraphe plongeur, qui est pratiquement le seul instrument permettant d'enregistrer les mouvements de la marée loin des côtes. Déposé sur le fond, cet appareil enregistre des variations de pression, d'où l'on déduit les changements du niveau de la mer. On a fait diverses applications du marégraphe plongeur de Favé; il a été ainsi reconnu, comme il résultait de la construction de certaines courbes des marées, qu'il y a dans la mer du Nord, à distances à peu près égales des côtes d'Angleterre et de Hollande, un point amphidromique, c'est-à-dire un point où le mouvement vertical de l'eau est nul. Tous ceux qui ont approché notre regretté confrère se rappellent sa rare

modestie; il fallut presque lui faire violence pour l'amener à poser ici sa candidature.

M. Edmond Bouty nous a été enlevé le 5 novembre. Sa carrière a été laborieuse et féconde. Ses premières recherches ont porté sur le magnétisme, et on lui doit aussi d'intéressants travaux sur les phénomènes thermo-électriques, sur la polarisation des électrodes et la conductibilité des liquides. Il s'est occupé ensuite avec grand succès des lois de la conductibilité des électrolytes, donnant de nouvelles méthodes pour la mesure de la conductibilité électrique des dissolutions salines et des sels fondus. Le travail le plus important de Bouty se rapporte à la cohésion diélectrique des gaz. Les corps gazeux sont des isolants, mais cet isolement cesse en présence d'une différence de potentiel suffisamment élevée; ils se comportent alors comme des électrolytes. Bouty a recherché comment se fait le passage de l'état isolant à l'état conducteur; il a constaté qu'il y a une valeur *critique* pour la différence de potentiel, et que le passage d'un état à l'autre se produit brusquement. Cette cohésion, caractérisée par une différence de tension, varie avec la pression et la nature du gaz, mais c'est un fait curieux que, entre des limites très larges, elle ne dépende pas de la température. Bouty ne s'est pas borné à ses recherches personnelles; il a groupé de nombreux élèves autour de lui, dont quelques-uns ont été ses continuateurs, les soutenant et les encourageant dans leur carrière. Notre confrère aimait l'enseignement autant que la science, et il a consacré une partie de son temps à une œuvre didactique, très appréciée en son temps, le *Cours de Physique* de Jamin, dont il a publié seul plusieurs éditions.

Frappé il y a quelques années par la maladie, Bouty, dont l'intelligence était restée intacte, est venu à nos séances jusqu'à son dernier jour, toujours désireux de mettre en valeur les travaux de ceux qui avaient travaillé dans son laboratoire de la Sorbonne.

Georges Lemoine est mort subitement le 13 novembre. L'année dernière il a présidé l'Académie, apportant dans ses fonctions l'extrême conscience qui caractérisait tous ses actes, et vous vous rappelez que, dans notre séance annuelle de 1922, toujours soucieux des progrès de la science française, il nous traçait de cette place le tableau fidèle des institutions pouvant dans notre pays aider les jeunes savants au début de leur carrière. Lemoine avait été mon camarade à l'École Polytechnique; sa disparition réduit à *deux* le nombre de nos confrères issus de la promotion de 1858, qui a atteint le

chiffre élevé de *six*. Il était sorti dans le corps des Ponts et Chaussées, où il devint Inspecteur général; en même temps il a exercé diverses fonctions dans l'enseignement de l'École, où il a longtemps professé la Chimie. Ses premiers travaux ont porté sur le sesquisulfure de phosphore qu'il a obtenu à l'état cristallisé, et qui, resté une curiosité de laboratoire jusqu'en 1898, est employé actuellement pour la fabrication des allumettes. Il fut ainsi conduit à l'étude de la transformation du phosphore rouge en phosphore ordinaire, et la Chimie physique devint dès lors le principal objet de ses recherches. Dès 1867, il comparait la transformation allotropique du phosphore à une véritable dissociation. Alors que les célèbres études de Sainte-Claire Deville et de ses disciples sur la dissociation avaient surtout porté sur les systèmes hétérogènes, Lemoine fit connaître les lois de l'équilibre dans le système homogène formé de l'hydrogène et de la vapeur d'iode. Les résultats obtenus dans ces recherches expérimentales ont ouvert la voie aux travaux de nombreux savants, et le nom de Lemoine restera dans l'histoire des équilibres chimiques. Il a aussi entrepris une série de recherches sur l'action chimique de la lumière, qui ont porté notamment sur le mélange de dissolutions d'acide oxalique et de chlorure ferrique. Le souci de notre confrère, dans cette étude, fut le parallélisme entre les actions chimiques de la chaleur et celles de la lumière.

Que d'autres études, je pourrais encore citer de mon cher camarade, mais je ne veux pas oublier qu'il a été un collaborateur éminent de Belgrand; nos *Comptes rendus*, comme les *Annales des Ponts et Chaussées*, renferment de nombreuses notes où sont résumées ses observations sur l'hydrologie du bassin de la Seine. Le savant fut chez lui doublé d'un ingénieur singulièrement attentif aux contingences de la pratique.

Nous avons perdu depuis un an deux associés étrangers, M. **Giacomo Ciamician**, professeur à l'Université de Bologne, et Son Altesse Sérénissime le **Prince de Monaco**.

L'œuvre de **Ciamician** est aussi étendue qu'originale. Il a élucidé la fonction et la constitution des combinaisons appartenant au groupe du pyrol, et s'est appliqué ensuite à l'étude des réactions qui s'effectuent entre composés organiques à fonctions variées, quand on les soumet à l'influence de la chaleur solaire. Il était arrivé récemment à réaliser des synthèses par l'injection de multiples produits dans les plantes, dont l'organisme apparaissait ainsi comme un véritable laboratoire. La France perd en lui un des amis les plus fidèles qu'elle eut en Italie.

Ce fut pour l'Académie une perte cruelle que celle du Prince **Albert de Monaco**. Avec lui disparaît une figure, singulièrement originale, du monde scientifique. Il fut un mécène magnifique dont la générosité en faveur des œuvres scientifiques était sans bornes, mais il ne fut pas seulement cela. Il a apporté à la technique des opérations océanographiques des transformations qui l'ont complètement renouvelée, et sa haute compétence savait poser aux collaborateurs éminents, dont il aimait à s'entourer, les problèmes les plus intéressants. On a pu dire de lui qu'il était réellement le fondateur de l'Océanographie, à laquelle il a élevé deux palaïs, l'un à Monaco et l'autre à Paris. Si grand qu'ait été l'intérêt porté par le Prince à l'Océanographie, il ne s'est pas cependant confiné dans cette branche de la science. Son intérêt n'a pas été moins vif pour l'anthropologie; les environs de sa principauté lui ont livré des documents du plus haut intérêt, et de magnifiques publications ont fait connaître le résultat des fouilles pratiquées aux grottes de Grimaldi et d'admirables spécimens de l'art préhistorique de l'époque des Cavernes.

Albert de Monaco avait été très heureux de sa nomination comme Associé étranger de notre Compagnie. Ce prince souverain était très fier de son titre de membre de l'Institut de France. Il ne manquait jamais, pendant ses séjours à Paris, d'assister à nos séances, et, dans ses dernières volontés, il n'a pas oublié l'Académie, qui lui restera reconnaissante de tout ce que, avec une ardeur inlassable, il a fait pour la Science.

Je ne puis que rendre un rapide hommage aux Correspondants que nous avons perdus et qui sont au nombre de *onze*.

Le nom de M. **Nœther** était bien connu des mathématiciens qui s'occupent des courbes et des surfaces algébriques.

M. **Henry Parenty** était un mécanicien ingénieux, qui a consacré de longues années d'études à la recherche des moyens industriels propres à mesurer le débit des fluides; il fut du nombre des savants français qui, à Lille, pendant la guerre, ont dignement soutenu, par leur attitude, l'honneur français en face des envahisseurs.

Sir **William Christie** avait été astronome royal d'Angleterre. Il s'était fait remarquer par d'importants travaux de spectroscopie et avait pris, notamment, une part importante aux déterminations de vitesse radiale des étoiles faites à l'Observatoire de Cambridge. Il est mort subitement en mer le 22 janvier dernier, comme il se rendait au Maroc.

Le nom de M. **Philippe Guye**, professeur à l'Université de Genève, enlevé prématurément le 25 mars, faisait autorité dans le domaine de la Chimie physique. Il avait commencé jadis à Paris ses importantes recherches sur la dissymétrie moléculaire. Rentré dans sa patrie, il n'avait pas tardé à former de nombreux disciples et à devenir chef d'école; les vingt dernières années de son activité scientifique ont surtout été consacrées au contrôle des poids atomiques. Ajoutons que, aussitôt la guerre déclarée, il a mis généreusement sa science et sa grande pratique au service de notre pays et de nos alliés.

Sir **Patrick Manson** avait longtemps exercé la médecine en Extrême-Orient, et fut ainsi amené à s'occuper de la pathologie spéciale aux tropiques. En découvrant en 1877 l'évolution du nématode de la filariose chez le moustique, il a posé le premier jalon solide de l'Entomologie médicale, qui a pris depuis une si grande extension.

Le nom de M. **René Benoit**, Correspondant pour la section de Physique, reste à jamais inscrit dans l'histoire du Bureau international des Poids et Mesures dont il a été le Directeur pendant 25 ans. Il a été l'initiateur de la plupart des travaux entrepris pendant ce temps au Pavillon de Breteuil, et sa grande habileté technique dans les mesures métrologiques a fait l'admiration de tous ceux qui l'ont connu.

M. **Ernest Solvay** était un industriel éminent et un grand philanthrope; il a eu la carrière la mieux remplie et la plus féconde que puisse souhaiter un homme d'action. Sa brillante réussite dans la fabrication de la soude à l'ammoniaque, l'avait de bonne heure libéré de tout souci matériel, et il put se consacrer à des études d'ordre social et économique. Ernest Solvay avait une foi profonde dans l'action civilisatrice de la science; peut-être y a-t-il quelque illusion dans cette croyance, mais Solvay sut en tirer des motifs d'action féconde.

M. **Otto Lehmann**, Correspondant pour la section de Minéralogie, avait fait l'importante découverte de ces liquides anisotropes, qu'on a désignés quelque temps sous le nom de *cristaux liquides*.

J.-C. **Kapteyn** fut un astronome qui n'avait pas d'observatoire; il dut faire de l'astronomie sans avoir d'instruments à sa disposition. Il s'adonna au traitement statistique des données d'observation qui lui furent livrées de partout, et, ainsi armé, il consacra sa vie à la recherche assidue de la consti-

tution de l'Univers; son nom justement célèbre dans le monde des astronomes reste attaché à la découverte de deux courants d'étoiles, et à celle de la loi de la luminosité absolue des étoiles, d'où il a déduit une loi de densité aux différentes distances du Soleil. Quelques modifications que puissent recevoir un jour ces vues hardies, Kapteyn aura ouvert à l'astronomie des voies nouvelles.

M. **Battandier**, professeur à la Faculté de Médecine d'Alger, consacra sa vie à l'étude de la flore de l'Afrique du Nord, et ses nombreuses publications forment le guide le plus sûr pour la colonisation agricole de notre grande possession africaine.

M. **Philippe Barbier** était un de nos chimistes les plus éminents. Soit seul, soit avec ses élèves, il fit de nombreux travaux de chimie organique, notamment sur les alcools se rattachant à la série terpénique et sur divers parfums dont il établit définitivement la constitution. On sait que, en substituant pour certaine synthèse le magnésium au zinc, Barbier a ouvert la voie aux belles recherches de son élève M. Grignard. On lui doit aussi une intéressante série de travaux d'analyse chimique et de minéralogie.

J'en ai fini, messieurs, avec cette longue liste funèbre, et l'énumération des travaux si variés de nos confrères disparus montre assez le brillant développement de la science à notre époque. Tant chez nous qu'au dehors, l'Académie s'est intéressée à toutes les manifestations intéressant la science, et a cherché à jouer un rôle utile dans les circonstances difficiles que le monde traverse aujourd'hui.

Vous vous rappelez sans doute la création, dont il fut souvent question à l'Académie, des Unions scientifiques internationales relatives aux diverses sciences, rassemblées autour du Conseil international de Recherches. Ce Conseil, dont les sessions ont lieu tous les trois ans et qui groupe vingt-quatre nations, vient de se réunir pour la seconde fois à Bruxelles sous la présidence de notre Secrétaire perpétuel M. Émile Picard. Il a complété l'organisation des Unions internationales, qui se rattachent à lui et qui sont maintenant au nombre de *neuf*; à savoir les Unions de mathématiques pures et appliquées, d'astronomie, de géodésie et géophysique, de physique pure et appliquée, de chimie pure et appliquée, de radiotélégraphie scientifique, des sciences biologiques, des sciences médicales, et de géographie. Les Unions créées en 1919 ont témoigné d'une réelle activité. Ainsi l'Union internationale de Chimie pure et appliquée a déjà tenu *trois* réunions plé-

nières : à Rome en 1920, à Bruxelles en 1921 et à Lyon cette année même sous la présidence de M. Moureu. Toute une série de Commissions ont été constituées, qui travaillent activement : Commissions des éléments chimiques, des nomenclatures, des étalons chimiques, de l'hygiène industrielle, de la propriété industrielle, etc. C'est sous les auspices de l'Union de Chimie et sous son impulsion que sera bientôt organisé à Paris, après un accord entre les gouvernements intéressés, un laboratoire international d'analyse des produits alimentaires. La prochaine réunion aura lieu l'année prochaine à Cambridge en Angleterre, et des discussions générales sur quelques grandes questions scientifiques actuelles, comme la constitution de l'atome, seront inaugurées.

L'Union astronomique et l'Union géodésique et géophysique se sont réunies à Rome au mois de mai dernier, la première sous la présidence de M. Baillaud et la seconde sous celle de M. Lallemand. D'importantes résolutions ont été prises relativement aux observations méridiennes, aux recherches sur l'atmosphère solaire, aux étalons de longueur d'onde, aux observations physiques des planètes, aux étoiles doubles et variables, à la variation des latitudes, aux mesures géodésiques, à l'hydrographie des continents.

Le général Ferrié a présidé à Bruxelles l'Union de de Radiologie scientifique, où ont été discutés divers problèmes qui restent encore singulièrement obscurs dans la télégraphie sans fil.

Comme vous le voyez, les fondateurs des nouveaux groupements ont fait œuvre viable. Il est d'ailleurs manifeste que tous les ordres de sciences ne se prêtent pas également à des travaux collectifs; mais l'association dans la recherche est susceptible de bien des formes, et l'on se rappelle que les questions de bibliographie et les organisations des Congrès internationaux rentrent dans les attributions des Unions.

Il est une question qui, comme vous le savez, préoccupe tous ceux qui ont le souci de l'avenir : c'est celle des conditions de la recherche scientifique dans notre pays. Depuis longtemps, par plusieurs de ses fondations, l'Académie s'efforce de donner chaque année à des savants les instruments de recherches qui leur manquent, mais ce n'est là qu'une goutte d'eau en face de besoins considérables. Depuis la guerre, des voix éloquentes ont dit maintes fois la misère de nos laboratoires. Tout récemment encore, à l'instigation de la Société « La Bienvenue française », présidée par M. le Maréchal Foch, une réunion eut lieu à l'Institut même, où fut convoquée toute la Presse parisienne, et où plusieurs de nos confrères parlèrent de l'insuffisance des moyens de travail de nos établissements scientifiques.

Il faut souhaiter qu'une croisade pour la recherche scientifique se fasse un peu partout en France avec le concours indispensable de la presse, et persuade à trop de nos concitoyens ne comprenant pas encore le rôle de la science dans la civilisation moderne, que du progrès des sciences expérimentales dans une nation dépendent sa richesse et aussi sa sécurité. Les promoteurs de la réunion tenue à l'Institut ont eu l'heureuse idée de demander au Gouvernement l'autorisation, qui leur fut accordée, de faire, au printemps prochain, une « Journée » en faveur des laboratoires français, *Journée* qu'ils comptent rattacher à la commémoration du centenaire de Pasteur. L'Académie sera heureuse de s'associer à cette pieuse pensée en faisant, comme on le lui a demandé, la distribution des sommes ainsi recueillies. Puissent ces sommes être importantes; puissent aussi, après cet effort d'un jour, des organisations permanentes venir d'une manière continue au secours des chercheurs.

L'effort qui est fait pour accroître les ressources scientifiques nous ramène à une question, la plus angoissante sans doute de celles qui se posent en ce moment, celle de la diminution de nos naissances. Le nombre des travailleurs que notre population clairsemée pourra fournir à la science, va-t-il d'ici dix ou vingt ans se raréfier de plus en plus? On peut le craindre. Mais la question est surtout d'ordre moral et d'ordre politique. La science ne peut que chercher à sauvegarder la vie des mères et des nouveau-nés; des lois dans ce sens ont été votées, et d'autres sont en préparation. Il ne suffit pas malheureusement de légiférer; il faut que les lois soient exécutées, et n'en est pas toujours ainsi dans un domaine qui touche à tant d'habitudes invétérées, et où la politique trouve même moyen de se glisser.

Malgré ces sujets d'inquiétude, ayons confiance, messieurs, que la France saura, à force d'ingéniosité et d'esprit d'invention, suppléer, au moins pour un temps, au nombre qui lui manque. Notre jeunesse doit fournir un travail acharné pour que notre pays puisse traverser la crise mondiale qui frappe tous les peuples. Jamais la consigne de l'empereur romain, *Laboremus*, ne fut plus à l'ordre du jour.

Je donne la parole à M. le Secrétaire perpétuel pour la lecture du palmarès.



PRIX ET SUBVENTIONS ATTRIBUÉS EN 1922.

RAPPORTS.

MATHÉMATIQUES.

GRAND PRIX DES SCIENCES MATHÉMATIQUES.

(Commissaires : MM. Appell, Painlevé, Hadamard, Goursat, Borel, Lebesgue, Boussinesq, Émile Picard, Lecornu; G. Kœnigs, rapporteur.)

L'Académie avait mis au concours la question suivante :

La voie classique suivie dans l'étude du problème des géodésiques consiste à partir d'un élément linéaire, la recherche d'une surface correspondante relevant du problème de la déformation. Quelque avantage que présente cette manière d'opérer, il ne serait pas sans intérêt d'examiner les résultats qu'on pourrait obtenir en dehors d'elle, relativement à la forme des géodésiques dans l'espace. A cette catégorie appartient, pour ne citer que des exemples simples ou même déjà étudiés, la détermination des surfaces ayant une infinité de géodésiques planes, ou de géodésiques égales entre elles. L'Académie propose donc : *La détermination de classes étendues de surfaces par des propriétés données de leurs lignes géodésiques considérées dans l'espace ordinaire.*

Aucun mémoire n'a été présenté sur cette question.

La Commission propose à l'Académie de retirer la question du concours et de décerner le grand Prix des Sciences mathématiques à M. Jean Le

Roux, professeur à la Faculté des sciences de Rennes, pour l'ensemble de ses travaux.

Les principaux travaux mathématiques de M. Jean Le Roux peuvent se grouper sous les trois titres suivants : 1° *Équations aux dérivées partielles et équations intégrales;* 2° *Fonctions d'une infinité de variables et leur application aux dérivées partielles;* 3° *Géométrie des déformations des milieux continus.*

Plusieurs travaux échappent à cette classification. Certains s'occupent de questions de détail auxquelles l'auteur s'est incidemment arrêté, d'autres, plus récents, ont trait à la question brûlante de la relativité. Nous nous bornons ici à les mentionner pour nous appesantir davantage sur les trois œuvres maîtresses de M. Jean Le Roux.

1° *Équations aux dérivées partielles et équations intégrales.* — En généralisant une idée de Riemann, Darboux avait montré que l'intégrale générale d'une équation de Laplace pouvait s'exprimer à l'aide de deux intégrales définies à limites variables quand on connaissait une solution particulière satisfaisant à des conditions données. Dans sa thèse de doctorat, soutenue en 1894, M. Le Roux se proposa d'abord de généraliser le résultat de Darboux et fut ainsi mis sur la voie des intégrales principales parmi lesquelles l'intégrale de Riemann se présente comme cas particulier.

La représentation des solutions par les intégrales principales conduit au problème d'inversion de l'intégrale définie à limites variables que l'on appelle aujourd'hui le problème de Volterra.

Il est conforme à la justice de reconnaître qu'en fait la priorité appartient à M. Jean Le Roux. Sa thèse fut soutenue en 1894 devant la Faculté de Paris et fut imprimée dès cette époque pour les *Annales scientifiques de l'École Normale supérieure*, où elle parut en 1895, alors que le mémoire de notre éminent Associé étranger est de 1896. La méthode de M. Le Roux pour résoudre l'équation dite aujourd'hui de Volterra, consistait en approximations successives convenablement dirigées. Sous sa première forme, elle semblait comporter pour la fonction un champ d'existence plus limité qu'il n'était nécessaire, mais on a reconnu depuis qu'une légère modification dans la démonstration donnait un champ aussi étendu que celui indiqué par M. Volterra. Aujourd'hui que les progrès de l'Analyse ont dévoilé l'importance du rôle des équations intégrales, on doit reconnaître que la thèse de M. Jean Le Roux fut écrite par un initiateur et un maître.

Dans huit mémoires ultérieurs, l'auteur a poursuivi l'application profonde de sa découverte à la théorie des équations différentielles, soit, par exemple, qu'il s'agisse de rechercher l'intégrale qui prend des valeurs données sur une caractéristique et sur une droite, soit qu'il s'agisse de la détermination des lignes singulières accidentelles et de la forme des singularités correspondantes. M. Le Roux étend même ces considérations au cas des équations à deux variables d'ordre supérieur ; il fait correspondre des intégrales principales aux caractéristiques et montre que la méthode de Laplace s'étend à ces équations.

Les équations aux dérivées partielles à plus de deux variables ont aussi occupé M. Le Roux, qui a cherché à y retrouver des faits analogues. Il tombe encore ici sur des équations intégrales, mais d'un type tout différent de celui étudié par M. Volterra, cela dans le cas où l'on possède une intégrale complète des surfaces caractéristiques. M. Le Roux est arrivé à résoudre ces équations dans le cas spécial où le champ d'intégration de l'intégrale double qui se présente alors est un triangle mobile et, chose très remarquable, de même que la dérivée d'une fonction d'une variable est représentée par un résidu d'intégrale simple, de même ici la fonction cherchée est représentée par un résidu d'intégrale double.

2° *Les fonctions d'une infinité de variables et leur application à la théorie des équations aux dérivées partielles.* — Dans un autre ordre d'idées, M. Le Roux s'est encore manifesté puissant novateur.

L'emploi de fonctions d'une infinité de variables remonte aux débuts de l'Analyse; telles sont les séries, les produits infinis, les déterminants infinis, les fonctions de lignes, les fonctionnelles, etc. L'équation de Fredholm conduit à une infinité d'équations linéaires entre une infinité de variables, et certaines des questions qui se rapportent à cette discipline ont amené M. Hilbert à y introduire des formes quadratiques dépendant d'une infinité de variables. Dès 1901, M. Le Roux se proposa l'étude générale des fonctions d'une infinité de variables et utilisa les premiers résultats obtenus par lui dans un mémoire sur les équations différentielles partielles qu'il envoya à l'Académie en réponse à cette question posée par elle pour le grand Prix des Sciences mathématiques en 1902 : *Perfectionner en quelque point important l'application des groupes continus à l'intégration des équations aux dérivées partielles.* M. Le Roux obtint une mention *très honorable* pour son travail. Les intégrales dépendent d'une infinité de paramètres et leurs transformations infinitésimales sont

définies par des équations linéaires à une infinité de variables, de même que les transformations infinitésimales des équations différentielles ordinaires sont définies par des équations linéaires à plusieurs variables. Ainsi se trouve défini le groupe général du système. Les résultats offrent donc de profondes analogies avec les groupes finis de Sophus Lie. Il convient de signaler que, dans le cas particulier de deux variables, l'étude des intégrales dans le voisinage d'un point introduit une équation caractéristique qui présente des analogies avec l'équation caractéristique de Fuchs. Les racines de cette équation correspondent précisément aux caractéristiques dans le sens courant de ce mot. M. Le Roux est revenu, dans de nombreux mémoires, sur cette question des fonctions d'une infinité de variables. Il a notamment étudié les conditions de leurs maxima ou minima et rectifié même des erreurs que d'autres avaient commises sur ce sujet difficile.

3° M. Jean Le Roux ne s'est pas cantonné dans ces grandes questions d'Analyse, il s'est révélé fin géomètre dans un ensemble de recherches *sur la géométrie de la déformation des milieux continus.*

Dans toute déformation d'un milieu continu, une fibre élémentaire (élément linéaire infiniment petit) du milieu subit une torsion et une flexion qui suivent des lois de répartition d'après la position et l'orientation de la fibre. M. Le Roux a étudié ces lois de répartition. Un problème analogue se pose d'ailleurs à propos de l'incurvation d'un élément de surface. La distribution de la torsion est régie par une forme quadratique et la flexion totale est la résultante de trois flexions indépendantes dont les variations se groupent autour d'une indicatrice cubique, d'une indicatrice quadratique et d'un vecteur.

Dans les travaux que nous venons d'évoquer, M. **Jean Le Roux** a manifesté un esprit très personnel, d'une puissance d'invention à la fois fine et profonde. Ses travaux ont été déjà accueillis avec faveur par l'Académie, en sorte qu'en lui décernant le grand Prix des Sciences mathématiques, la Commission ne fera que consacrer à nouveau un mérite déjà reconnu.

L'Académie adopte les propositions de la Commission.

PRIX PONCELET.

(Commissaires : MM. Appell, Painlevé, Hadamard, Goursat, Borel, Lebesgue, Boussinesq, Lecornu; Émile Picard, rapporteur.)

La Commission propose de décerner le prix à M. **Jules Drach**, professeur à la Faculté des sciences de Paris, pour l'ensemble de son œuvre mathématique.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PRIX FRANCOEUR.

(Commissaires : MM. Appell, Painlevé, Hadamard, Goursat, Borel, Lebesgue, Boussinesq, Lecornu; Émile Picard, rapporteur.)

La Commission propose de décerner le prix à M. **Louis Antoine**, maître de conférences à la Faculté des sciences de Strasbourg, pour ses travaux sur la géométrie.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

MÉCANIQUE.

PRIX MONTYON.

(Commissaires : MM. Boussinesq, Sebert, Vieille, Lecornu, Mesnager, Émile Picard, Appell, Bertin; Kœnigs, rapporteur.)

M. **Farid Boulad**, membre de l'Institut d'Égypte, est attaché depuis plus de 25 ans au Service des Ponts de Chemins de Fer de l'État Égyptien. Non content d'apporter à l'exercice de ses fonctions les méthodes apprises à notre École nationale des Ponts et Chaussées, il s'est ingénié à les perfec-

tionner au moyen des procédés graphiques et des ressources tirées de la Nomographie. Il s'est particulièrement occupé des systèmes hyperstatiques. Dans une Communication importante faite à Strasbourg, en 1920, au Congrès des Mathématiciens, il a donné sur ce sujet un élégant théorème, dit des *tensions conjuguées*, qui est une source d'appréciables simplifications. Il convient d'ajouter que la Géométrie pure a aussi offert à M. Farid Boulad l'occasion de Notes intéressantes dont plusieurs ont particulièrement attiré l'attention des géomètres et notamment de Gaston Darboux. M. Farid Boulad représente dignement dans son pays la culture scientifique française.

Votre Commission vous propose d'attribuer à M. **Farid Boulad** le prix Montyon pour 1922.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PRIX FOURNEYRON.

(Commissaires : MM. Boussinesq, Vieille, Lecornu, Kœnigs, Mesnager, Émile Picard, Appell, Bertin; Sebert, rapporteur.)

L'ingénieur **Farcot d'Albaret** (Joseph-Ambroise) a réussi, après de longues recherches, basées sur des données présentant un réel caractère de nouveauté, à créer un moteur thermique, à chambre de combustion isolée, fonctionnant à une température très élevée, sous forte pression (100^{kg}) et détente prolongée, qui réunit de réels avantages.

Ce moteur est basé sur l'utilisation aussi complète que possible de l'énergie thermique et l'obtention presque absolue du cycle de Carnot.

Il réalise ainsi le maximum de rendement et présente, en outre, des garanties spéciales de sécurité dans son fonctionnement, par suite de son mode de construction particulier.

La température initiale des gaz y est élevée au plus haut degré possible par l'emploi de la chambre de combustion isolée, qui est construite de façon à pouvoir supporter la plus haute température que peut donner cette combustion, soit environ 2000°. L'auteur a pu réaliser cette condition par l'emploi d'un produit réfractaire à base de zirconium.

En outre, il réalise, dans les meilleures conditions, la deuxième partie du cycle, en obtenant une température finale très basse, avec une détente prolongée et des orifices d'évacuation assez grands pour permettre l'évacuation des gaz brûlés, sans contre-pression, à la température finale de 50° seulement.

Par l'emploi des procédés nouveaux de construction qu'il a adoptés, tels que la chambre de combustion réfractaire, l'introduction d'air frais qui est projeté dans cette chambre, par un compresseur indépendant, à une température assez élevée pour produire l'auto-inflammation, et cela dans des conditions qui donnent à ce moteur une souplesse comparable à celle des moteurs à vapeur, avec, en outre, l'impossibilité de provoquer des explosions de gaz sans avoir même besoin de recourir à des circulations d'eau pour le refroidissement, l'auteur a obtenu, avec un moteur de faible puissance relative, des résultats remarquables, qui permettent d'envisager la construction, sur le même type, de moteurs de toutes puissances, relativement très légers et spécialement avantageux pour l'aérostation.

Dans ces conditions, votre Commission vous propose d'accorder à M. **Farcot d'Albaret** le prix Fourneyron pour 1922, de la valeur de 1000^{fr}.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PRIX HENRI DE PARVILLE.

(Commissaires : MM. Boussinesq, Sebert, Vieille, Lecornu, Mesnager, Émile Picard, Appell, Bertin; Kœnigs, rapporteur.)

La substitution aux compas magnétiques des compas gyrostatiques qui mettent en jeu les forces d'inertie dues à la rotation terrestre, tend de plus en plus à se vulgariser dans les marines de tous les pays. A l'état statique ou en marche uniforme, l'emploi de ces compas ne présente pas de difficultés, mais celles-ci naissent des variations de l'inclinaison du navire sur la verticale consécutives au roulis ainsi que des variations de vitesse. L'appareil présente alors des oscillations qui rendraient son usage impraticable si l'on n'avait recours à des amortisseurs. On impose à cet effet, à l'instrument, des asservissements qui font appel à des sources d'énergie dont l'intervention et le débit sont automatiquement réglés de manière à réaliser dans des conditions avantageuses l'état des liaisons, que celles-ci soient ou non holonomes. Les liaisons revêtent alors des caractères si spéciaux qu'il peut arriver que deux liaisons offrant le même aspect analytique diffèrent cependant mécaniquement beaucoup. Un tel système mécanique présente, on le conçoit, aux méthodes de calcul des difficultés toutes particulières. Les équations de Lagrange elles-mêmes ne peuvent y être maniées qu'avec les plus grandes précautions.

C'est à ces difficultés que s'est attaqué M. **Henri Béghin**, maître de conférences à la Faculté des Sciences de Montpellier, dans son travail intitulé : *Étude théorique des compas gyrostatiques Anschütz et Sperry*. Les considérations qui servent de base aux études de l'auteur se rapportent, comme on vient de le voir, à l'un des chapitres les plus profonds de la Mécanique rationnelle. Mais, dans son travail, M. Béghin n'a pas seulement prouvé à quel point il était maître de ces subtiles théories, il a, en outre, manifesté une singulière pénétration des phénomènes mécaniques par l'analyse précise qu'il a faite des oscillations des compas gyrostatiques sous l'action des diverses causes perturbatrices. Il a étendu son étude aux divers types de compas existants : compas Anschütz (1906), compas Sperry à un gyrostat (1911), compas Sperry à deux gyrostats (1918), compas Anschütz à trois gyrostats (1912). Il a comparé ces divers compas au point de vue de leurs avantages ou de leurs inconvénients respectifs.

Ce travail remarquable, fondé sur les plus fines précisions et les plus sûres déductions, est une précieuse contribution à la connaissance approfondie du fonctionnement des compas gyroscopiques.

Votre Commission est unanime pour attribuer le prix de Parville de 1922 à M. **H. Béghin**.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

ASTRONOMIE.

PRIX LALANDE.

(Commissaires : MM. Deslandres, Bigourdan, Baillaud, Puiseux, Andoyer, Boussinesq, Émile Picard, Appell; Hamy, rapporteur.)

L'œuvre scientifique très considérable de Henry Norris Russell, directeur de l'Observatoire de Princeton, le classe parmi les astronomes les plus marquants de notre époque. Comme la plupart de ses compatriotes, consacrant leur activité et leur existence à l'étude du ciel, il s'est orienté du côté de la

branche nouvelle de l'Astronomie qui utilise les méthodes, les instruments et les théories élaborés par les physiciens, pour arracher ses secrets à la nature et dévoiler les mystères du monde stellaire, en dépit de l'immensité des espaces qui nous en séparent. Il suffira de citer quelques-uns de ses travaux, dont certains dénotent des connaissances mathématiques étendues, pour donner une idée de la variété et de l'importance de ses recherches : Densité des étoiles variables du type d'Algol; Perturbation générale du grand axe d'Éros sous l'action de Mars; Méthode de calcul des orbites des étoiles binaires spectroscopiques et des variables à éclipse; Détermination des parallaxes stellaires; La distance probable d'Orion; Rapport des masses dans le système de Castor; La distance des étoiles rouges; La radiation visuelle minimum perceptible; grandeurs stellaires du Soleil, de la Lune et des planètes; etc.

A cet exposé sommaire, il convient d'ajouter des travaux critiques judicieux, touchant la théorie de la gravitation de Majorana et les effets supposés de la pression de radiation sur les mouvements célestes.

Henry Norris Russell, d'autre part, est l'auteur de recherches du plus haut intérêt, concernant l'évolution stellaire, en prenant comme point de départ les connaissances acquises, depuis une vingtaine d'années, sur les grandeurs absolues, les masses et les densités des étoiles. C'est lui qui a définitivement établi que les étoiles d'un même type spectral se divisent en deux catégories : les étoiles géantes, de faible densité et de grand éclat, et les étoiles naines de densité beaucoup supérieure et d'éclat faible. D'après Henry Norris Russell, les premières seraient des astres jeunes, en voie de condensation et d'échauffement; les étoiles naines seraient au contraire à peu près complètement condensées et en train de se refroidir. Suivant lui, comme le pensait Lockyer, les étoiles deviendraient successivement rouges, jaunes, blanches, puis bleues, pour se refroidir ensuite, rentrer dans la catégorie des étoiles naines, repasser par les mêmes couleurs, en ordre inverse, avant d'arriver à l'extinction totale.

En raison de l'intérêt des travaux de **Henry Norris Russell**, la Commission a été unanime à le proposer, pour l'attribution du prix Lalande.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PRIX VALZ.

(Commissaires : MM. H. Deslandres, G. Bigourdan, B. Baillaud, M. Hamy, H. Andoyer, Boussinesq, Émile Picard, Appell; P. Puiseux, rapporteur.)

Le prix est décerné à M. **Jean Chazy**, professeur à la Faculté des sciences de l'Université de Lille, pour ses travaux de Mécanique céleste et en particulier pour son Mémoire intitulé « *De l'allure du mouvement dans le problème des trois corps quand le temps croît indéfiniment* ». (Ce Mémoire a paru dans les *Annales scientifiques de l'École Normale supérieure.*)

On a noté depuis très longtemps que le mouvement d'une planète autour du Soleil et celui d'un satellite autour d'une planète sont périodiques. Cette remarque a été la source de toute l'astronomie mathématique et a permis d'établir sur une base solide le principe de l'attraction universelle.

Mais, dès que les observations sont devenues un peu exactes, on a dû reconnaître que la solution périodique n'est valable qu'à titre de première approximation et pour un temps limité. La loi de Newton n'est pas pour cela mise en échec, car si l'on s'en est servi pour prévoir la trajectoire relative de deux astres, on trouve toujours un troisième corps et communément plusieurs autres, en situation de troubler d'une manière appréciable le mouvement des deux premiers.

Le problème des n corps s'impose donc dans toute sa généralité. On écrit sans difficulté les équations différentielles de ce problème. Mais le cas de deux corps est le seul où une intégration complète soit possible. Au delà les intégrales algébriques n'existent plus en nombre suffisant. Pour trois corps il y a des cas où une solution périodique réapparaît, mais ces cas supposent des conditions initiales particulières et, jusqu'à présent, la nature n'en a pas fourni d'exemple. Les développements en série à l'aide desquels on tourne la difficulté dans les cas usuels cessent d'être convergents pour de grandes valeurs du temps et imposent aux tables des planètes un caractère provisoire.

Si l'on consent à délaisser le point de vue pratique, on conçoit une autre manière d'utiliser les intégrales algébriques connues du problème des n corps. Il s'agit d'en tirer des prédictions qui n'offriront plus un caractère précis, mais qui seront valables sans limite de temps. Une inégalité vérifiée à l'origine et où figurent les masses, les vitesses, les distances mutuelles,

n'aura pas, en général, toujours lieu. Mais elle peut entraîner une autre inégalité qui, elle, sera toujours vraie. Des limites infranchissables seront ainsi posées pour les vitesses et les distances mutuelles. Un grand progrès aura été accompli si l'on arrive à distribuer l'état initial, d'une part, l'état final, de l'autre, en catégories qui se correspondent et qui soient fondées sur la nature des choses.

M. Jean Chazy réalise en partie ce programme par d'habiles combinaisons analytiques. Il a recours à des changements de variables analogues à ceux que M. Sundman a proposés, pour un autre objet, dans un Mémoire bien connu. Il tire aussi un heureux parti de certaines conquêtes récentes de l'analyse, notamment des théorèmes d'existence concernant les solutions des systèmes différentiels.

Malgré la complication du sujet, certains des résultats de M. Chazy ont un caractère inespéré de simplicité et d'élégance. Nous citerons seulement les deux suivants, qui se rapportent au problème des trois corps :

« Quand le temps croît indéfiniment, il est impossible que deux corps tendent l'un vers l'autre en restant à une distance du troisième corps supérieure à une limite fixe. »

« Tout choc de deux corps a lieu dans le plan du maximum des aires. »

On doit souhaiter que M. **Jean Chazy** continue d'explorer un domaine qui est loin d'être d'accès facile et qui a déjà bien rémunéré ses premiers efforts.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

MÉDAILLE JANSSEN.

(Commissaires : MM. Bigourdan, Baillaud, Hamy, Puiseux, Andoyer, Boussinesq, Émile Picard, Appell ; Deslandres, rapporteur.)

La Commission propose à l'unanimité de décerner la médaille Janssen à M. **Carl Störmer**, professeur de mathématiques pures à l'Université de Christiania, pour ses belles recherches, à la fois théoriques et expérimentales sur l'aurore boréale, et sur son explication complète par un rayonnement corpusculaire émané du Soleil.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

GÉOGRAPHIE

PRIX DELALANDE-GUÉRINEAU

(Commissaires : MM. Bertin, Lallemand, Fournier, Bourgeois, Favé, Guignard, le prince Bonaparte, Douvillé ; Ferrié, rapporteur.)

Le lieutenant-colonel **Achille Lamotte** de l'Artillerie est un brillant spécialiste du Service géographique de l'Armée où il dirige la Section de topographie à la fois professeur, opérateur et inventeur. Il a accompli de nombreux travaux géodésiques en France tout d'abord puis en Tunisie (1898-1899), au Tonkin (1899-1901), au Maroc (1912-1913). Ses travaux astronomiques sont également très importants : différences de longitudes entre Paris et Grand (Vosges) (1903, au cercle méridien et par signaux électriques), entre Paris et Brest (1906, à l'astrolabe à prisme et par téléphone), entre Paris et Nice (1911, à l'astrolabe à prisme et par T.S.F.), entre Brest et Dakar (1910, à l'astrolabe à prisme et par câble sous-marin).

Chargé des études relatives au point en ballon, le lieutenant-colonel Lamotte a résolu pratiquement le problème astronomique (1913-1914) à l'aide d'instruments divers (quadrant à bulle, sextant à bulle, sextant gyroscopique, boussole Favé). Il a été enfin le premier à étudier, dès 1911, les préparations topographiques du tir d'artillerie, dont le rôle a été si considérable pendant la guerre.

Le lieutenant-colonel **Charles Mailles**, de l'Infanterie coloniale, a accompli de nombreux et importants travaux géodésiques au cours de sa belle carrière coloniale. De 1905 à 1907, il fit partie, étant lieutenant, de la mission du colonel Moll (délimitation du Congo français et du Cameroun allemand) et fut chargé de la détermination des positions géographiques par l'astrolabe à prisme, par transport de temps, et en utilisant aussi des observations lunaires. Les résultats obtenus furent particulièrement remarquables. En 1911, le capitaine Mailles prit part à la détermination par T.S.F. de la différence de longitude Paris-Bruxelles. Aussitôt après, il fut chargé de la délimitation des frontières entre le Brésil et le Pérou. Pendant deux ans, il parcourut cette région très difficile en déterminant un grand

nombre de positions géographiques, en traçant des frontières en pleine forêt vierge et en levant en même temps la carte du pays. Les méthodes qu'il a imaginées à cette occasion sont désormais classiques et sont employées par tous ses successeurs.

En résumé, les lieutenants-colonels **Lamotte** et **Mailles** ont rendu à la science géographique des services considérables non seulement par leurs travaux géodésiques et astronomiques, mais aussi parce qu'ils ont été les initiateurs de méthodes nouvelles. La Commission est en conséquence d'avis de leur accorder le prix Delalande-Guérineau, qui sera partagé en deux parts égales.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PRIX GAY.

(Commissaires : MM. Bertin, Lallemand, Fournier, Bourgeois, Favé, Ferrié, Guignard, le prince Bonaparte; H. Douvillé, rapporteur.)

Depuis plus de vingt années M. **Ludovic Gaurier**, président de la Commission de Glaciologie et d'Hydrologie des Pyrénées, consacre le temps dont il peut disposer à des explorations dans les Pyrénées. Sur les conseils du prince Bonaparte et de M. Rabot il a étudié d'une manière toute spéciale la glaciation pyrénéenne, négligée jusqu'à présent à cause de sa faible importance. Pour arriver à des observations précises il a dû faire de longs séjours et camper presque chaque année dans les hautes régions. Il nous donne aujourd'hui les résultats de ses études sur les hauts bassins du gave de Pau et du gave d'Ossau, avec les glaciers de Gavarnie, du Vignemale, du Bat-Leytouse, pour ne citer que les principaux, et il nous montre leurs variations de 1902 à 1908.

Il a donné une attention spéciale aux sources, aux lacs et à l'alimentation des torrents et des gaves, qui dépend étroitement des variations de l'enseigement. Ces résultats sont condensés dans un volume de 363 pages avec 46 belles photographies exécutées en grande partie par l'auteur.

Cette étude est particulièrement importante en vue de l'utilisation industrielle de la houille blanche. La Commission propose, à l'unanimité, de lui décerner le prix Gay.

L'Académie adopte la proposition de la Commission,

FONDATION TCHIHATCHEF.

(Commissaires : MM. Bertin, Lallemand, Fournier, Bourgeois, Ferrié, N..., Guignard, le prince Bonaparte, Douvillé.)

Les arrérages de la fondation ne sont pas attribués cette année.

PRIX BINOUX.

(Commissaires : MM. Bertin, Lallemand, Fournier, Bourgeois, Favé, Guignard, le prince Bonaparte, Douvillé; Ferrié, rapporteur.)

L'ouvrage de M. **Paul Le Cointe**, *L'Amazonie brésilienne*, est une œuvre considérable, résultat de trente années d'observations personnelles. Dans un style alerte et imagé, l'auteur s'est efforcé de constituer pour le capitaliste, le négociant, l'explorateur, l'émigrant, un guide impartial, donnant une idée nette de la région du grand fleuve, de ses ressources, de son climat et de ses habitants, et leur évitant ces tâtonnements du début qui amènent le découragement. Les renseignements qu'il donne ont été recueillis pendant les séjours de l'auteur à Obidos, Manaos, Bélem et au cours de ses nombreux voyages dans le bassin du Bas Amazone, dans le Haut Madeira, en Basse Bolivie, au Beni. Pour les nomenclatures (faune, plantes, etc.), M. P. Le Cointe a pris comme guides les ouvrages de Gœldi, Huber, Ducke. Les statistiques sont empruntées aux sources les plus sûres.

Deux importants volumes sont consacrés à ce substantiel travail; après avoir rappelé l'histoire de la région et les hypothèses faites sur sa formation, l'auteur s'étend longuement sur la géographie du Haut, du Moyen et du Bas Amazone, les caractères du bassin Amazonien et le régime des eaux, en joignant d'intéressantes indications sur le climat et la population de ces régions, ainsi que sur les moyens de communication et sur le développement économique de l'Amazonie.

Vient ensuite une très complète et très documentée description des industries extractives et des végétaux qui s'y rapportent : caoutchouc, castanha, résines, textiles, plantes médicinales, plantes alimentaires, etc.

La forêt amazonienne est également l'objet d'une longue étude scientifique et industrielle, suivie d'un examen des conditions de l'élevage du bétail et des industries annexes.

L'auteur consacre ensuite un chapitre à l'agriculture proprement dite : cacao, manioc, tabac, canne à sucre, banane, coton, café, etc.

La faune a retenu longuement aussi l'attention de M. P. Le Cointe, qui décrit successivement les représentants amazoniens des mammifères, oiseaux, reptiles, batraciens, poissons, insectes, etc.

Après deux derniers chapitres consacrés au commerce général et à l'hygiène du voyageur en Amazonie, l'auteur donne des conclusions fort intéressantes, dans lesquelles il exprime sa foi complète dans l'avenir de l'Amazonie malgré les difficultés de l'époque actuelle. Il convie ses compatriotes à prendre part à la renaissance de ce pays, où existent pour la France d'ardentes et sincères sympathies.

L'ouvrage de M. P. Le Cointe est une œuvre vécue, vraiment personnelle, et non pas une compilation. Il est aussi le travail le plus impartial et le plus documenté qui ait été publié sur l'Amazonie, en langue française.

La Commission estime en conséquence que le prix Binoux doit être donné à M. **Le Cointe**, directeur du Musée commercial de Para, pour son Ouvrage : *L'Amazonie brésilienne.*

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

NAVIGATION.

PRIX DE SIX MILLE FRANCS.

(Commissaires : MM. Boussinesq, Sebert, Bertin, Vieille, Lallemand, Lecornu, Kœnigs, Mesnager, Ferrié, Émile Picard, Rateau, Laubeuf; Fournier, Bourgeois et Favé, rapporteurs.)

La Commission propose de décerner :

Un prix de 3000^{fr} à M. **Maurice Garnier**, ingénieur en chef d'artillerie navale, pour son Ouvrage intitulé : *Calcul des trajectoires par arcs successifs.*

Un prix de 1500^{fr} à M. **André Vinsot**, capitaine de frégate, pour son Mémoire intitulé : *Contribution à l'étude de la tactique du lancement des torpilles.*

Un prix de 1500fr à M. **Henri Roussilhe**, ingénieur hydrographe en chef de la marine, directeur du service de la reconstitution foncière et du cadastre au Ministère des régions libérées, pour ses travaux hydrographiques.

Rapport de M. Bourgeois *sur l'Ouvrage de M.* **Maurice Garnier**, *intitulé :* Calcul des trajectoires par arcs successifs.

Le Mémoire qui est soumis à l'examen de l'Académie des Sciences est la mise au point d'une œuvre née pendant la guerre.

La guerre a fait, en effet, entrer soudain la Balistique dans des domaines très étendus : le tir des canons de la Marine et des canons de la Guerre, sous des angles supérieurs à 20°, devint bientôt la règle générale. Les vitesses initiales augmentèrent de leur côté et dépassèrent même toutes les audaces de polygones. Les méthodes de préparation du tir devinrent familières aux artilleurs du front, dont les exigences de précision augmentèrent en même temps que les procédés de mesure et de réglage allaient en se perfectionnant.

M. l'ingénieur en chef Garnier analysa et précisa à ses collaborateurs les divers problèmes qui se posaient tour à tour et, aidé de leurs avis, édifia tout un corps de doctrines pour satisfaire aux besoins urgents.

C'est ce qui fait l'objet de son Mémoire sur le *Calcul des trajectoires par arcs successifs*.

Ce Mémoire est consacré exclusivement aux trajectoires curvilignes ([1]). Il a été divisé par l'auteur en trois chapitres.

Dans le premier, l'auteur expose la méthode de calcul des trajectoires *finies*.

Deux modalités de calculs ont été indiquées, l'une basée sur le développement de Taylor, l'autre sur celui, plus convergent, d'Euler-Maclaurin. La seconde permet, pour une même précision, un moindre fractionnement, mais, pour chaque arc, le calcul par la première méthode est plus simple, et c'est celui qui a prévalu dans les applications pratiques. Pour le tir

---

([1]) Un autre Mémoire, consacré spécialement aux trajectoires rigoureusement verticales (*zénithales* de bas en haut et *nadirales* de haut en bas, a été rédigé depuis, et est actuellement en cours d'impression.

Il constitue la seconde partie du travail d'ensemble sur le calcul des trajectoires par arcs successifs.

aérien, il faut d'ailleurs connaître le plus possible de points de la trajectoire, et il n'y a pas toujours avantage à diminuer le morcellement.

Dans le second chapitre, l'auteur expose l'application du calcul des variations à l'étude des altérations produites, tout le long d'une trajectoire donnée, par des perturbations fixées à l'avance.

Cette méthode n'est pas nouvelle dans les diverses branches des sciences; mais c'est la première fois qu'il en est fait une application pratique en *balistique*, et cette application pratique a été des plus fécondes.

Dans le troisième chapitre, l'auteur classifie tous les divers coefficients différentiels nécessaires pour la préparation d'un tir de combat.

Ces coefficients différentiels ne sont autres que les altérations répondant à des perturbations *unitaires* données et qu'on doit inscrire, à l'avance, dans les tables de tir distribuées aux combattants.

Pour préparer le tir, ces coefficients différentiels peuvent être employés directement, ou servir à la détermination des poids nécessaires, pour pondérer les perturbations *réelles* dans les différentes couches, en vue d'obtenir des perturbations moyennes constantes, dites *balistiques*, produisant les mêmes altérations. C'est la généralisation rigoureuse du problème approché du *vent balistique*, tel qu'il a été défini et employé au cours des dernières hostilités.

M. l'ingénieur en chef Garnier a accompagné son exposé de nombreux exemples de calcul. Tous les problèmes traités au cours du Mémoire ont été l'objet d'une application numérique concrète et l'ensemble de ces applications, dont l'exécution a constitué un travail matériel considérable, fait l'objet du fascicule d'Annexes in-4°.

Depuis plus d'une année, la Commission de Gâvre a adopté les méthodes de calcul de M. Garnier. La nouvelle balistique exposée est en effet la seule ayant actuellement la sanction de l'expérience, et susceptible de résoudre, en particulier, le problème des tables de tir de nos canons *de bord*, telles qu'on doit maintenant les concevoir, avec le moyen, notamment, d'effectuer les corrections d'*ordre aérologique*.

Le travail présenté constitue donc un progrès de nature à accroître l'efficacité de nos forces navales, et c'est à ce titre spécial qu'il peut concourir pour le *prix de navigation* décerné annuellement par l'Académie des Sciences.

Rapport de M. Fournier *sur le Mémoire de M.* **André Vinsot**, *intitulé :* Contribution à l'étude de la tactique du lancement des torpilles.

Les deux études présentées par M. André Vinsot dénotent, chez leur auteur, une valeur scientifique et un judicieux esprit de recherche que votre Commission a jugés dignes du prix de 1500fr, qu'elle vous propose de lui accorder, en le prélevant sur le prix de 6000fr du Ministère de la Marine.

L'une de ces études utilise, très habilement, en effet, les fonctions exponentielles relatives aux tensions et à la courbure de la *chaînette*, pour discuter les règles usuelles françaises fixant les longueurs et la résistance des chaînes et des câbles servant aux différentes sortes de remorquage des navires, d'après leur tonnage, et aux mouillage directs, ou par affourchage, d'après la profondeur du fond, de manière à coordonner le mieux possible les efforts de ces apparaux, en vue de la sécurité des navires.

L'autre étude a pour objet d'établir, également au moyen de considérations analytiques, appropriées, des règles rationnelles de nature à augmenter le rendement offensif des méthodes actuelles de lancement des torpilles automobiles sur nos navires.

Rapport de M. Ch. Lallemand, *sur les travaux de M.* **Henri Roussilhe.**

Au cours de dix années de travaux consacrés à la géodésie, à la chronométrie et à l'hydrographie, toutes sciences intéressant la navigation maritime, M. H. Roussilhe, ingénieur hydrographe en chef de la Marine, leur a fait réaliser d'importants progrès : études sur l'astrolabe à prismes (1902); sur le magnétisme terrestre à Madagascar (1904); sur le régime des crues du bassin congolais (1910); sur le réglage à la mer des télémètres d'artillerie navale (1913); sur la projection cartographique de Lambert (1915), etc.

Pendant la guerre, il a collaboré à des recherches fort efficaces sur le repérage des batteries ennemies par le son et sur l'emploi de la photographie aérienne pour le relevé des organisations adverses et pour l'établissement des plans directeurs de tir.

Vu le grand intérêt de ces études et de ces recherches, la Commission propose d'attribuer à M. **Henri Roussilhe** un prix de 1500fr, prélevé sur le montant du prix extraordinaire de Navigation.

L'Académie adopte les propositions de la Commission.

PRIX PLUMEY.

(Commissaires : MM. Boussinesq, Sebert, Bertin, Vieille, Lallemand, Lecornu, Fournier, Bourgeois, Kœnigs, Mesnager, Ferrié, N..., Rateau, Laubeuf; Émile Picard, rapporteur.)

La Commission propose de décerner le prix à M. **Édouard Sauvage**, professeur au Conservatoire national des Arts et Métiers, pour l'ensemble de ses travaux sur les machines à vapeur.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PHYSIQUE.

PRIX L. LA CAZE.

(Commissaires : MM. Violle, Bouty, Villard, Branly, Brillouin, Boussinesq, Émile Picard, Janet; Daniel Berthelot, rapporteur.)

La Commission propose à l'Académie de décerner le prix La Caze à M. **Anatole Leduc**, professeur à la Faculté des Sciences de Paris, pour l'ensemble de son œuvre scientifique.

Les travaux de M. Leduc ont déjà été couronnés à deux reprises par l'Académie : en 1905 il a reçu un prix Wilde et en 1918 le prix Hughes.

M. Leduc débuta par une série de recherches poursuivies de 1884 à 1887 sur le phénomène de Hall. Le physicien de Philadelphie avait découvert en 1880 que si l'on place entre les pôles d'un électro-aimant, perpendiculairement aux lignes de force, une feuille mince métallique traversée par un courant, il s'y développe une force électromotrice transversale. Peu après, Righi constata que dans le bismuth le phénomène prend une intensité exceptionnelle; il montra de plus, en 1883, qu'il s'accompagne d'une diminution de la conductibilité électrique du métal. M. Leduc retrouva ces résultats et eut l'idée de rechercher si, en raison du parallélisme entre la

conductibilité électrique et la conductibilité calorifique, celle-ci ne diminuerait pas également. C'est en effet ce qui a lieu. La même recherche était poursuivie en même temps par Righi, qui communiqua ses résultats le 12 juin 1887 à l'Académie de Lincei. M. Leduc fit connaître les siens à l'Académie des Sciences le 20 juin, mais il avait eu soin de les consigner dans un pli cacheté déposé le 9 mai. Au cours de cette étude, M. Leduc proposa pour l'exploration du champ magnétique deux procédés nouveaux : le premier est fondé sur l'emploi du galvanomètre à mercure de Lippmann, dans lequel la dénivellation de la colonne mercurielle est proportionnelle à la fois à l'intensité du courant et au champ magnétique et peut, par conséquent, mesurer à volonté l'une ou l'autre de ces grandeurs; le second, fondé sur la variation de résistance de lames ou de fils de bismuth, est moins direct que le premier et exige une graduation préalable empirique de l'instrument, mais est d'un emploi pratique commode. L'ensemble de ces recherches forme le sujet de la thèse de doctorat passée par l'auteur en 1887.

A partir de 1890, M. Leduc aborda une nouvelle série de recherches qu'il poursuivit avec persévérance et succès sur les propriétés des gaz et notamment la mesure exacte de leur densité et de leur compressibilité au voisinage des conditions ordinaires de pression et de température. L'origine s'en trouve dans une remarque qu'il fit sur l'accord insuffisant qui existait entre la composition de l'air d'après Dumas et Boussingault et les densités des gaz oxygène et azote selon Regnault. Il reprit en conséquence, en 1890 et 1891, la mesure de la proportion d'oxygène dans l'air et celle des densités du gaz oxygène, azote et hydrogène. Il fut amené ensuite à exécuter deux déterminations chimiques de la composition de l'eau par la méthode classique de Dumas. Après avoir rappelé qu'au cours des années précédentes divers expérimentateurs, Cooke et Richards, Rayleigh, Noyes, Ditmar, Morley, avaient déjà repris cette mesure et que la moyenne de leurs déterminations pour le rapport des poids atomiques de l'oxygène et de l'hydrogène était 15,88, il conclut que ses propres expériences confirmaient ce nombre à moins de $\frac{1}{5000}$. Poursuivant ses mesures de densités gazeuses, il détermina successivement celles du gaz tonnant, de l'oxyde de carbone, du bioxyde d'azote. Il passa ensuite aux gaz plus facilement liquéfiables et donna en 1893 les densités du chlore, de l'acide chlorhydrique et de l'anhydride sulfureux. Ces diverses densités étant déterminées par rapport à l'air, il jugea utile de mesurer à nouveau le poids du litre d'air.

Les chimistes ont remarqué depuis longtemps que si l'on calcule la den-

sité théorique d'un gaz en partant des poids atomiques de ses constituants déterminés par l'analyse chimique pondérale, et si on la compare à la densité réelle, celle-ci s'écarte d'autant plus de la première que le gaz est plus voisin de la liquéfaction. En 1880 M. Van der Waals, dans le Mémoire célèbre où il fit connaître la notion des états correspondants, précisa que le rapport de la densité théorique à la densité réelle est le même pour tous les fluides au point critique et, par suite, en tous les points correspondants. Il appliqua ce théorème à comparer à des températures correspondantes les poids moléculaires et les densités des corps à l'état liquide, pour lequel les corrections de compressibilité étant négligeables, on peut se dispenser d'opérer à des pressions correspondantes. Plus tard, M. Sydney Young vérifia ce théorème dans une série de plusieurs milliers d'expériences portant sur un grand nombre de liquides et de vapeurs organiques et dont l'ensemble parut en 1892. Il montra que, tandis que l'équation de Van der Waals indique au point critique pour le rapport de la densité réelle à la densité théorique la valeur 2,66, l'expérience donne une valeur plus forte voisine, en moyenne, de 3,75; il fit voir, de plus, que ce théorème n'est pas rigoureux; la valeur du rapport précédent n'est pas constante; l'ensemble des mesures exécutées dans ce domaine montre qu'elle monte jusqu'à 3,85 pour les liquides organiques à point critique élevé et descend jusqu'à 3,42 pour les gaz difficiles à liquéfier, tels que l'oxygène, l'azote et l'argon, et à 3,28 pour l'hydrogène. Il dressa de grands tableaux donnant, à des températures et des pressions correspondantes, les valeurs du rapport de la densité réelle à la densité théorique pour des corps variés, qu'il rapporta au fluorobenzène pris comme terme de référence, et prouva que la loi des états correspondants ne représente qu'une approximation parfois grossière.

M. Leduc se proposa de tenter une vérification analogue sur la série des gaz usuels au voisinage de la température et de la pression ordinaires. Il désigna sous le nom de volume moléculaire d'un gaz le rapport de la densité théorique à la densité réelle, en prenant l'oxygène comme terme de référence, et en posant par convention son volume moléculaire égal à l'unité. « Je me suis proposé, dit-il, de déterminer les volumes moléculaires d'un certain nombre de gaz par rapport à l'un d'eux, l'oxygène, à 0° et à des pressions correspondantes. J'ai choisi pour chaque gaz $\frac{1}{76}$ de la pression critique, c'est-à-dire autant de centimètres de mercure qu'il y a d'atmosphères dans celle-ci; les pressions correspondantes sont ainsi comprises entre 35^{cm} et 113^{cm}, et le plus souvent voisines de la pression atmosphérique. Connaissant les poids moléculaires et les densités normales de

ces gaz, il reste à déterminer leur compressibilité entre 76^{cm} et la pression ci-dessus assignée. »

A cet effet, M. Leduc commença par mesurer, en 1896, dans un tube de Mariotte, la compressibilité à 0° de quelques gaz faciles à liquéfier. L'année suivante il refit ces expériences en collaboration avec M. Sacerdote à la température de 16° avec un appareil perfectionné pour une vingtaine de gaz usuels allant de l'hydrogène et de l'azote au phosphure d'hydrogène, s'attachant ainsi à reprendre et à compléter, au voisinage de la pression atmosphérique, les classiques expériences de Regnault sur les compressibilités, comme il avait fait auparavant pour les densités.

Il appliqua les données obtenues à faire la correction nécessaire pour ramener à $\frac{1}{76}$ de la pression critique la densité mesurée sous la pression normale, et constata que les volumes moléculaires de la majorité des gaz étudiés se plaçaient sur une courbe unique qu'il représenta par une équation empirique du quatrième degré à cinq constantes. L'hydrogène restait en dehors de la courbe, et les gaz les plus compressibles se divisaient en 3 groupes : l'un se plaçait sur la courbe normale; le second (hydrogène phosphoré, acide sulfhydrique, etc.) présentait un volume moléculaire en excès de 15 pour 100 sur le volume normal; le troisième (gaz ammoniac, chlorure d'éthyle, etc.) présentait un volume moléculaire en défaut de 15 pour 100. On voit par là quel est l'ordre de grandeur des écarts à la loi des états correspondants offerts par de nombreux corps quand on approche de la liquéfaction.

Dans la mesure où cette loi est applicable, la courbe normale obtenue à une température donnée, au moyen d'une série de corps de points critiques régulièrement croissants, permet de prévoir comment se comporterait un corps unique à des températures variées, et de calculer au voisinage de la pression atmosphérique ses coefficients de dilatation, de compressibilité, etc., à diverses températures, et par suite d'introduire ces coefficients dans les nombreuses formules thermodynamiques où ils figurent. M. Leduc a publié dans les années suivantes un grand nombre de calculs de ce genre sur les transformations isothermes ou adiabatiques des gaz réels, la différence ou le rapport de leurs chaleurs spécifiques, leurs chaleurs de vaporisation, l'équivalent mécanique de la calorie, etc.

Dans le même ordre de recherches on peut ranger les observations faites en 1898 par M. Leduc sur deux mélanges gazeux (anhydride carbonique et protoxyde d'azote, anhydrides carbonique et sulfureux) pour mesurer l'accroissement de pression lors du mélange. Ce phénomène a été signalé

en 1888 par M. Braun qui a montré notamment que l'augmentation de pression, négligeable pour les mélanges de gaz permanents, atteint $3^{mm},8$ de mercure pour un mélange d'anhydride sulfureux et d'hydrogène.

Mentionnons encore deux travaux exécutés en 1902 en collaboration avec M. Sacerdote; l'un est relatif à la capillarité et à la loi de Tate; l'autre a trait aux pressions négatives des liquides, phénomène curieux découvert en 1850 par Marcelin Berthelot, et qui présente l'exemple d'un de ces états instables qui échappent aux prévisions de la thermodynamique et cessent sous l'influence de faibles causes extérieures, telles que des vibrations.

Enfin il convient de rappeler quelques Notes publiées à des époques variées par M. Leduc sur des sujets assez divers : dilatation du phosphore et changement de volume au moment de la fusion, chaleur de fusion et densité de la glace, et un ensemble de recherches poursuivies en 1902 et 1903 par M. Leduc, soit seul, soit en collaboration avec Pellat sur l'électrolyse de l'azotate d'argent et l'équivalent électrochimique de l'argent.

En résumé, par la nature de ses recherches et la précision de ses déterminations, M. **Leduc** s'est classé à un rang distingué dans la phalange des physiciens qui se sont attachés, à l'exemple de Regnault, à mesurer avec exactitude les constantes des corps, et à doter la science d'un ensemble de valeurs numériques précises sur lesquelles elle puisse asseoir ses progrès futurs.

Telles sont les raisons qui ont porté la Commission à proposer son nom pour le prix Lacaze.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PRIX KASTNER-BOURSAULT.

(Commissaires : MM. Violle, Bouty, Villard, Branly, Daniel Berthelot, Brillouin, Boussinesq, Janet; Émile Picard, rapporteur.)

La Commission propose de décerner le prix à M. **Camille Gutton**, professeur à la Faculté des sciences de Nancy, pour ses travaux sur l'électricité et plus particulièrement sur les ondes hertziennes.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PRIX HEBERT.

(Commissaires : MM. Violle, Bouty, Villard, Branly, Daniel Berthelot, Brillouin, Boussinesq, Émile Picard ; P. Janet, rapporteur.)

Bien que l'œuvre de M. Chéneveau, dans le domaine de la Physique générale et particulièrement en Optique, soit considérable, l'Académie n'a retenu, pour lui attribuer le prix Hébert, que la partie de cette œuvre qui se rapporte aux applications de l'Électricité. Élève de P. Curie, M. Chéneveau s'est proposé de mettre au point, en vue des applications pratiques, le procédé de mesure que Curie avait indiqué dans sa célèbre thèse sur les propriétés magnétiques des corps à diverses températures. Sous le nom de Balance magnétique, M. Chéneveau a réalisé un appareil extrêmement pratique et maniable, permettant à tout opérateur habitué aux instruments de mesures, d'aborder la détermination rapide et précise des faibles coefficients d'aimantation. Cet appareil a rendu les plus grands services dans un grand nombre de laboratoires de recherches physiques, chimiques et industrielles.

Le champ de ses applications est très considérable, soit pour examiner les matières à employer dans la construction d'appareils étalons où la perméabilité magnétique est de première importance; soit pour examiner et classer les alliages dont les propriétés dépendent de traces minimes de constituants; soit pour maintenir l'étalon de pureté dans la production commerciale d'un métal tel que l'aluminium, le cuivre, etc.

En dehors de cet appareil, M. Chéneveau a réalisé, au moyen d'une méthode de dénivellation, un appareil beaucoup plus sensible, permettant d'obtenir, dans un manomètre différentiel, une lecture de $6^{cm},7$ pour un champ de 2800 gauss.

M. Chéneveau a également réalisé, en collaboration avec M. Laborde, un électroscope spécialement destiné aux mesures de radioactivité, qui a rendu les plus grands services dans ces recherches délicates.

Nous devons mentionner enfin que M. Chéneveau a été l'un des premiers à signaler, dès 1899, l'existence des charges libres dans les vapeurs de l'arc électrique; l'ensemble de ses recherches sur l'arc électrique et sur le rayonnement des lampes à incandescence constitue d'ailleurs un travail important où l'on pourra puiser de nombreux renseignements sur ces phénomènes qui ont de si grandes applications pratiques.

Pour toutes ces raisons, votre Commission vous propose à l'unanimité de décerner le prix Hébert à M. **Charles Chéneveau**, chef de travaux pratiques à la Faculté des sciences de Paris.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PRIX HUGHES.

(Commissaires : MM. Violle, Bouty, Villard, Branly, Brillouin, Boussinesq, Émile Picard, Paul Janet; Daniel Berthelot, rapporteur.)

La Commission propose de décerner le prix à M. **Camille Raveau**, secrétaire de la rédaction des *Comptes rendus de l'Académie* pour ses travaux dans diverses branches de la physique théorique.

L'importance de l'œuvre scientifique de M. **Raveau** a déjà été reconnue par l'Académie qui lui a accordé, en 1912, un prix Houllevigue pour ses recherches d'optique (théorie générale des franges localisées, étude théorique et expérimentale des franges singulières, loi générale des franges des cristaux homogènes) et pour ses recherches de thermodynamique (états correspondants, détente adiabatique des fluides saturés, conditions de stabilité de l'équilibre des systèmes hétérogènes et action de masse, signification de la règle des phases). Depuis cette époque, l'auteur a poursuivi ses travaux avec le même succès.

Les études de M. Raveau se distinguent par un double cachet de rigueur et d'élégance. Esprit très pénétrant, il excelle à aller jusqu'au fond du sujet avec une méthode critique qui fait de lui un guide sûr dans les problèmes les plus ardus.

Ses notes sur les rayons X dans lesquelles, à une époque où leur nature était encore énigmatique, il sut le premier pressentir des vibrations à très courte longueur d'onde, ses articles sur le phénomène délicat et si souvent débattu de l'induction unipolaire donnaient déjà un premier exemple de ses qualités; mais à ce point de vue, ce sont surtout ses Mémoires sur les propriétés des fluides au voisinage du point critique qui méritent d'être cités comme modèles. L'extrême incertitude des mesures expérimentales en ce point y donne un poids particulier au secours de la théorie; mais par une fâcheuse coïncidence, nulle part celle-ci ne présente autant de difficultés que dans cette région, où quelques-unes des dérivées premières ou secondes des plus importantes fonctions thermodynamiques varient avec une extrême

rapidité et prennent des valeurs qui varient de l'infini positif à l'infini négatif. La lecture de certaines controverses relatives à une autre région semée de pièges analogues, celle du voisinage du zéro absolu, et sur laquelle l'accord n'est pas encore établi entre les physiciens, fait mieux apprécier encore la sagacité avec laquelle M. Raveau a su débrouiller tous les fils de l'écheveau dans le cas des chaleurs spécifiques des fluides près du point critique.

Les recherches exécutées par M. Raveau, au cours des dix dernières années, ont porté, comme les précédentes, sur l'Optique et la Thermodynamique. L'emploi judicieux de méthodes géométriques lui a permis de présenter, avec une brièveté et une élégance rares, quelques-uns des résultats les plus importants des théories classiques. C'est ainsi qu'il a réussi à retrouver l'équation capitale de la surface des ondes sans passer par les longs calculs classiques depuis près de cent ans. Par une généralisation immédiate de son raisonnement géométrique il a déterminé l'équation de la surface relative aux cristaux magnétiques, atteignant ainsi, comme en se jouant, un résultat qu'Olivier Heaviside n'avait pu obtenir qu'au moyen de calculs cités par Sir J. Larmor comme un exemple de la puissance analytique de la méthode des quaternions.

Dans un ordre d'idées analogues, il a indiqué comment on peut déterminer sans calculs le fragment d'onde ou le petit faisceau de rayons qui procède par réfraction à travers une surface courbe quelconque d'un fragment d'onde ou d'un petit faisceau incident quelconque. Raisonnant à la fois sur les rayons et les ondes, il a atteint une simplicité qui avait échappé à ceux qui ne considéraient que les uns ou les autres.

Dans ses recherches de thermodynamique, il a continué à poursuivre la recherche des formes canoniques de démonstration. Il a fondé la thermodynamique des systèmes chimiques ou hétérogènes sur cette remarque qu'un changement qui n'altère pas les phases des différents corps, mais seulement leurs masses, n'entraîne qu'une dépense de travail (avec le concours d'une seule source) proportionnelle aux variations de masse. Il a donné ensuite des formules à la fois très générales et très simples relatives aux propriétés des corps dans les environs de l'état critique, ou à l'abaissement du point de congélation en fonction de la tension de vapeur. Abordant l'étude générale de la thermodynamique, il a résolu un problème que l'histoire de la Science posait au moment où sir W. Thomson hésitait encore à admettre le principe de Carnot : quel est l'ensemble des conséquences que l'on peut déduire du second principe sans faire appel au pre-

mier? M. Raveau a démontré que le principe de Carnot et la considération des cycles inventés par le génial savant permettent de définir non seulement la température absolue classique mais une seconde température absolue, indépendante de la première, et dont l'évaluation n'exige que la connaissance de quantités de travail mesurables sur un indicateur : l'entropie a ainsi, ce qui est assez inattendu, une seconde définition purement mécanique et moins abstraite que la définition courante.

Dans une autre série de Mémoires, M. Raveau s'est attaché à montrer par la discussion de questions d'ordre pratique que la stricte observation des principes est la méthode la plus sûre. Il a fait ressortir dans sa théorie de l'appareil de M. Claude pour la liquéfaction de l'air, que toute cause d'irréversibilité diminue le rendement : c'est la raison pour laquelle le rendement d'une machine de Linde s'améliore dès qu'on lui adjoint une machine réfrigérante auxiliaire dont le fonctionnement s'approche de la réversibilité.

Une seconde application a trait aux solutions saturées de plusieurs sels donnant lieu ou non à des doubles décompositions. Meyerhoffer, Van't Hoff et leurs successeurs ont exécuté de très nombreuses mesures, qu'ils ont traduites par des graphiques qui ne donnent qu'une vue purement géométrique du problème. M. Raveau a su l'envisager sous un point de vue statique, en rapprochant les tracés obtenus des représentations de systèmes articulés grâce à cette remarque fondamentale : au voisinage de la saturation d'une solution par deux sels simultanément, le principe de Carnot exige que l'addition de chacun d'eux agisse de la même façon sur la solubilité de l'autre. Or, dans le cas de solutions étendues de sulfate de potassium et de magnésium, l'expérience montre qu'il n'en est pas ainsi. D'après le théorème énoncé par M. Raveau, les choses doivent donc changer quand on approche de la double saturation, et en effet, on voit alors se précipiter un sel double, la schœnite, qui, comparé à chacun des deux sels précédents, satisfait à la loi posée. A la lumière de celle-ci, on reconnaît que certains diagrammes regardés jusqu'ici comme exacts, demanderont à être révisés. Ce contrôle préalable sera désormais un guide pour les expérimentateurs : il fournit une preuve de plus de la pénétration avec laquelle M. **Raveau** excelle à appliquer les principes de la science thermodynamique.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

FONDATION CLÉMENT FÉLIX.

(Commissaires : MM. Violle, Bouty, Branly, Daniel Berthelot, Émile Picard, Boussinesq, Paul Janet; Villard, rapporteur.)

La Commission propose d'attribuer les arrérages de la fondation à M. **Alexandre Dufour**, chargé de cours à la Faculté des Sciences de Paris, pour la continuation de ses recherches sur l'inscription des ondes hertziennes.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

CHIMIE.

PRIX MONTYON DES ARTS INSALUBRES.

(Commissaires : MM. Lemoine, Haller, Le Chatelier, Béhal, Urbain, Schlœsing, Maquenne; Moureu et Lindet, rapporteurs.)

La Commission propose de décerner :

Un prix de 2500fr à feu **Charles Boulin**, préparateur à l'École Normale, victime des recherches qu'il poursuivit pendant la guerre sur l'ypérite;

Une mention honorable de 1500fr à M. **Louis Tampier**, attaché au laboratoire de M. Moureu, au Collège de France, pour ses travaux sur les gaz de combat.

Rapport de M. Lindet *sur les travaux de feu* **Charles Boulin**.

Depuis la guerre, la Commission attribue le prix Montyon des arts insalubres à l'un des nombreux chimistes qui se sont trouvés exposés aux dangers que présentait, à tout instant, l'étude des gaz toxiques. Son attention a été appelée, cette année, sur les mérites scientifiques de feu **Charles Boulin**, préparateur à l'École Normale, qui, à la suite de manipulations dan-

gereuses, et malgré une habileté professionnelle et une prudence irréprochables, fut victime de l'action physiologique, lente et sournoise du sulfure d'éthyle dichloré (ypérite).

Charles Boulin, ancien élève de l'École Normale supérieure de Saint-Cloud, était, au moment de la déclaration de guerre, professeur de Sciences physiques au lycée d'Angoulême. Après un séjour aux armées comme officier d'Intendance, il fut appelé, en qualité d'adjoint, au chef du Laboratoire de Chimie de guerre de l'École Normale, M. Simon.

Sous la remarquable impulsion de celui-ci, il étudia d'abord l'action de l'eau, des acides chlorhydrique et bromhydrique, des chlorures et des bromures alcalins et métalliques, spécialement du chlorure d'étain sur le sulfate diméthylique.

Puis quand les Allemands employèrent, pour la première fois, ce qui fut appelé l'ypérite, Boulin fut un de ceux qui contribuèrent à l'étude de ce redoutable engin. Il chercha même à en augmenter la puissance destructive et les résultats qu'il obtint lui valurent les félicitations du chef militaire qui les avait sollicités.

Votre Commission estime que de tels travaux, poursuivis en toute connaissance des dangers encourus, méritent la haute récompense dont l'Académie dispose. Elle sera remise entre les mains de sa veuve, pensionnée de guerre, lui montrera la haute estime dans laquelle l'Institut tenait son regretté mari et évoquera, chez son jeune fils, l'exemple de la droiture et du sacrifice au devoir.

Rapport de M. Moureu *sur les travaux de M.* **Louis Tampier**, *attaché au laboratoire de chimie du Collège de France.*

M. **Louis Tampier**, sans parler de quelques travaux sur la série acrylique et la série crotonique, a exécuté différentes études chimiques de guerre aussi pénibles que délicates, principalement dans le domaine des gaz de combat, et il a contribué ainsi à rendre certaines fabrications moins insalubres. Votre Commission vous propose de lui décerner la mention honorable du prix Montyon.

L'Académie adopte les propositions de la Commission.

PRIX JECKER.

(Commissaires : MM. Lemoine, Haller, Le Chatelier, Urbain, Schlœsing, Maquenne, Lindet; Moureu et Béhal, rapporteurs.)

La Commission propose de décerner :

Un prix de 5000fr à M. **Marcel Godchot**, doyen de la Faculté des sciences de Montpellier, pour l'ensemble de ses travaux;

Un prix de 2500fr à M. **Marc Bridel**, pharmacien des hôpitaux de Paris, pour l'ensemble de ses travaux;

Un prix de 2500fr à M. **Georges Tanret**, pharmacien à Paris, pour l'ensemble de ses travaux.

Rapport de M. Béhal *sur les travaux de M.* **Marcel Godchot**.

M. **Marcel Godchot**, professeur de chimie et doyen de la Faculté des Sciences de Montpellier, a commencé à se faire connaître, il y a près de vingt ans, par des recherches auxquelles l'avait associé notre regretté collègue Jungfleisch, dont il fut le préparateur. Dès 1904, en collaboration avec son maître, il étudie l'acide lactique racémique et ses isomères stéréochimiques, l'acide lactique droit et l'acide lactique gauche. Pour la première fois furent isolés à l'état cristallisé les acides lactiques droit et gauche, ainsi que les dilactides correspondants et l'acide lactyllactique. Au cours de ces recherches, une nouvelle méthode générale permit de préparer les éthers et, par suite, les acides bibasiques à fonction éther-oxyde, méthode qui, en particulier, conduit très facilement à l'obtention de l'acide dilactylique, à peine entrevu avant ces travaux.

En 1907, M. Godchot soutient, devant la Faculté des Sciences de Paris, sa thèse de doctorat ès sciences physiques, thèse qui constitue une importante contribution à l'étude des hydrures d'anthracène et de leurs dérivés. Entre autres résultats, ce travail établit qu'il était possible d'obtenir différents hydrures d'anthracène en faisant varier, dans la réduction catalytique, à l'aide du nickel, les conditions de température. C'est ainsi qu'on peut préparer le tétrahydrure en opérant à 260°, l'octohydrure à 200°, le perhydrure à 175°, le nombre des atomes d'hydrogène fixés augmentant lorsque la température diminue. Ce fait a été, du reste, généralisé sur

d'autres carbures par différents chimistes et par M. Godchot lui-même. Nombreux furent les nouveaux composés hydroanthracéniques découverts au cours de ces recherches; l'octohydrure d'anthracène, en particulier, fournit par oxydation une octohydroanthrone qui, grâce à sa grande aptitude réactionnelle, se prête à beaucoup de réactions.

A Montpellier, soit seul, soit en collaboration avec son collègue, M. Taboury, ou avec ses élèves, M. Godchot consacre plusieurs années à l'étude des composés cycliques appartenant à la série cyclopentanique. C'est ainsi que l'hydrogénation de la cyclopentanone, des méthylcyclopentanones, de la camphorone et l'étude des nouveaux dérivés obtenus, sont enregistrés dans un grand nombre de mémoires parus dans les *Comptes rendus de l'Académie des Sciences* de 1911 à 1914. Signalons tout particulièrement l'obtention synthétique, par M. Godchot, d'une méthylcyclopenténone identique à l'α. Méthylcyclopenténone, isolée par Looft dans les huiles de bois. Mentionnons aussi l'hydrogénation catalytique du triphénylméthane, qui fournit un carbure saturé : le tricyclohexylméthane, celle de l'anhydride orthophtalique qui donne un moyen extrêmement simple d'obtenir le phtalide, la découverte et l'étude de nouveaux composés hydrogénés tels que l'acide hexahydrophénylglycolique, l'acide hexahydrohippurique, l'hexahydroacétophone, etc.

La thuyone, soumise à l'action catalytique du nickel, en présence de l'hydrogène, se transforme, ainsi que l'a montré M. Godchot, en thuyamenthone, dont de nombreux dérivés sont préparés par lui.

Mobilisé pendant la guerre dans une grande usine métallurgique, M. Godchot, en collaboration avec M. Charpy, effectue une série de recherches sur les combustibles, plus particulièrement sur l'oxydation des houilles et sur les conditions de formation du coke. En 1920, il essaie de pénétrer plus avant dans le mécanisme, encore peu connu, de l'oxydation des houilles et, à la suite de ses travaux, il croit pouvoir démontrer qu'on ne saurait attribuer cette oxydation à l'existence de bactéries préexistant dans ces combustibles, car une houille, dépouillée de son extrait par la pyridine, et l'extrait lui-même, s'oxydent séparément malgré l'action antiseptique de la pyridine qu'ils ont subie.

Récemment également, M. Godchot put généraliser une observation faite déjà par d'autres chimistes sur des cas particuliers en indiquant qu'étant donné un acide bibasique à poids moléculaire élevé en C^n, on pouvait obtenir l'acide bibasique en C^{n-2} de la façon suivante : il suffit de faire réagir les organomagnésiens sur les éthers-sels de ces acides, déshy-

diater ensuite les alcools tertiaires engendrés et oxyder les carbures non saturés ainsi obtenus. Il vérifie cette méthode sur les acides subérique, azélaïque et sébacique.

M. Godchot, en collaboration avec ses élèves, MM. Brun et Bedos, poursuit en ce moment des recherches, d'une part, dans la série cycloheptanique et, d'autre part, sur l'action des organomagnésiens sur les oxydes d'éthylène appartenant à la série cyclohexanique. Les premiers résultats viennent d'en être publiés dans les *Comptes rendus de l'Académie des Sciences*. En particulier, l'action des organomagnésiens sur l'oxyde d'éthylène du cyclohexyle fournit des α-alcoyl-cyclohexanols qui paraissent être isomériques avec ceux obtenus dans l'hydrogénation directe des phénols correspondants.

L'ensemble de ces travaux comprend 55 Mémoires et Notes dont 37 furent publiés dans les *Comptes rendus de l'Académie des Sciences*.

L'ensemble de ces recherches paraît à la Commission mériter la moitié du prix Jecker.

Rapport de M. Moureu *sur les travaux de M.* **Marc Bridel**.

Docteur ès sciences depuis 1913, M. **Marc Bridel** est pharmacien des hôpitaux, préparateur du cours de Pharmacie galénique à la Faculté de Pharmacie de Paris, secrétaire général de la Société de Chimie biologique, et rédacteur en chef du Bulletin de cette Société.

Élève de notre éminent et très regretté confrère Émile Bourquelot, ses travaux ont porté principalement sur la Chimie végétale et sur la synthèse des glucosides par les ferments.

L'application systématique de la méthode biochimique imaginée par son maître lui a permis de déceler la présence de glucosides dans de nombreuses plantes. Il a isolé, entre autres de ces glucosides : la méliatine, la gentiacauline, la loroglossine, la scabiosine, et en a décrit les propriétés.

C'est en étudiant par la même méthode les préparations de la racine de gentiane qu'il fut amené, en 1911, à envisager la possibilité de l'action hydrolysante de l'émulsine sur les glucosides en solution alcoolique, ce qui était en contradiction absolue avec les idées en cours, d'après lesquelles l'action de l'émulsine était paralysée par de faibles quantités d'alcool.

La découverte de cette propriété a été le point de départ de nombreuses recherches, auxquelles Bourquelot l'a associé, et qui les ont amenés à reconnaître, en 1912, la propriété synthétisante de l'émulsine et à établir, de

façon irréfutable, la réversibilité des actions fermentaires. En faisant agir l'émulsine sur le glucose en solution dans les alcools les plus variés, on obtient les glucosides β de ces alcools. La réaction a été étendue au galactose. Si l'on remplace l'émulsine par un macéré de levûre de bière basse séchée à l'air, ce sont les glucosides α de ces mêmes alcools qui se forment.

Signalons encore des recherches minutieuses sur les équilibres fermentaires.

Une application curieuse de la propriété synthétisante de l'émulsine a été faite par M. Bridel en 1920 : nous voulons parler du procédé biochimique de caractérisation du glucose, qui a déjà permis, notamment, de prouver d'une manière définitive l'absence de glucose dans les produits de l'hydrolyse fermentaire de l'inuline.

Depuis la mort de son maître, l'activité scientifique de M. Bridel ne s'est pas ralentie. Perfectionnant le procédé biochimique de caractérisation du glucose, il a réussi à le rendre applicable aux végétaux; il a étudié la cinétique de l'action de l'émulsine sur le galactose en solution dans l'alcool propylique, ainsi que l'hydrolyse du lactose par la lactase en milieu alcoolique; il a décelé la présence d'un glucoside à essence possédant l'odeur de rose dans le *Sedum Telephium* L., et il vient de montrer, dans une étude très documentée, pourquoi les essais de synthèse du saccharose ont toujours été infructueux.

Les dernières expériences de M. **Bridel**, faisant suite à une série déjà longue de recherches du même ordre, témoignent de son intention bien arrêtée de continuer l'œuvre de Bourquelot, dont la portée semble vraiment croître de jour en jour.

Rapport de M. Moureu *sur les travaux de M.* Georges Tanret.

Fils et élève du grand Pharmacien, du chercheur habile et très original que fut Charles Tanret, Pharmacien lui-même, Docteur ès sciences et Docteur en médecine, M. **Georges Tanret** a su de bonne heure se distinguer, lui aussi, dans la chimie des principes immédiats, qui doit à son regretté père tant de délicates et importantes recherches.

Dans un premier travail, en collaboration avec Charles Tanret, M. Georges Tanret a décrit un sucre nouveau, du groupe des trioses, le *rhamninose*, isolé au cours du dédoublement diastasique de la xanthorhamnine, gluco-

side de la graine d'Avignon. Il a ensuite fixé la constitution d'un autre sucre en C^{18}, le *mélézitose*, qu'il devait retrouver plus tard, excrété par des pucerons, dans la miellée du peuplier, et il a montré que le biose qui se forme transitoirement au cours de son hydrolyse, le *turanose*, est le premier véritable isomère connu du sucre de canne. Il a découvert dans la racine d'asperge deux nouveaux hydrates de carbone, voisins de l'inuline, l'*asparagose* et le *pseudo-asparagose*. Il a établi que les fruits des légumineuses (haricot, lentille, soja, etc.) renferment, à côté de proportions plus ou moins grandes d'amidon, un tétrose jusque-là considéré comme fort rare, le *stachyose*, sucre en C^{24}, qui se trouve ainsi faire partie de notre alimentation journalière. Enfin l'étude des baies de gui l'a conduit à isoler l'*inosite racémique*, obtenue autrefois synthétiquement par Maquenne et Charles Tanret : c'est là le premier exemple d'un sucre racémique existant dans un organisme vivant.

Dans un travail sur l'analyse immédiate complète de la racine de gentiane, M. Georges Tanret a établi la formule de son principal glucoside, la *gentiopicrine ;* il en a étudié les propriétés chimiques et montré l'action sur l'hématozoaire du paludisme. Il a signalé également la *gentiïne*, qui, à l'époque où on la découvrit, était le premier glucoside donnant du xylose dans ses produits de dédoublement.

Ayant extrait l'*acide quinique* des feuilles de quelques Conifères, M. Georges Tanret fut amené à s'occuper de l'*action du molybdate d'ammoniaque* sur le pouvoir rotatoire de cet acide-alcool, et la même étude fut étendue aux alcools polyatomiques de la série des *sucres*. Il vit leur pouvoir rotatoire tantôt augmenter, tantôt diminuer, tantôt changer de signe sous l'influence du molybdate; et, s'attachant à découvrir la cause du phénomène, il isola, dans le cas de la *mannite*, un *complexe organo-molybdique* bien défini, dont il fit une étude chimique complète, et dont il montra que la faible solubilité permettait d'isoler la mannite dans un mélange sucré.

M. Georges Tanret a également fait œuvre bien personnelle dans le domaine des alcaloïdes. Ayant découvert une base nouvelle, la *galégine*, contenue dans les graines du *Galega officinalis*, il a montré qu'elle peut être regardée comme une guanidine de la méthyl-3-pyrrolidine, et il en a fait lui-même l'étude physiologique minutieuse. Il a complété nos connaissances sur la *pelletiérine* lévogyre et la méthylpelletiérine dextrogyre, dont Hess venait de nier l'existence, n'ayant pas su se mettre à l'abri des causes de

racémisation. Il vient enfin d'établir la présence de l'ergotinine dans deux ergots algériens, dont l'un, l'ergot d'avoine, paraît, par sa richesse en alcaloïde, susceptible d'applications thérapeutiques.

L'Académie adopte les propositions de la Commission.

PRIX LA CAZE.

(Commissaires : MM. Lemoine, Le Chatelier, Moureu, Béhal, Urbain, Schlœsing, Maquenne, Lindet; Haller, rapporteur.)

Les travaux de M. **Paul-Tiébaud Muller**, Doyen de la Faculté des sciences de Strasbourg, ont trait, les premiers, à des synthèses organiques, et les seconds à des recherches d'ordre physico-chimique.

Sa thèse de Doctorat ès sciences, élaborée à Nancy en 1893, contient l'étude d'une série de combinaisons nouvelles de l'éther cyanacétique, où l'auteur s'est révélé aussi bon expérimentateur que synthétiste avisé. Parmi les nombreux composés mis au jour, il convient de mentionner l'éther oximidocyanacétique et ses dérivés, corps intéressant parce que sa molécule contient deux fonctions acides différentes fournissant l'une des sels incolores, l'autre des sels jaunes.

Après avoir fait ses preuves comme chimiste proprement dit M. P.-Th. Muller s'attacha exclusivement à élucider les problèmes d'ordre physico-chimique. Ses recherches dans ce domaine se poursuivent alors avec une continuité qui n'a été arrêtée que par la guerre : mesure, avec M. Hausser, de la vitesse de décomposition des diazoïques par l'eau; détermination par voie ébullioscopique du poids moléculaire du chlorure ferrique qui conduit à la formule $FeCl^3$; établissement, avec M. Fuchs, d'une méthode électrique de détermination des chaleurs spécifiques des solutions; étude avec M. Allemandet de l'électrode à oxyde de mercure en contact avec les solutions des divers alcalis, recherche au cours de laquelle on a pu démontrer que la constante de la loi d'action de masse de la potasse dissoute est très voisine de l'unité, etc.

Pendant plusieurs années, M. P.-Th. Muller s'appliqua à l'étude physico-chimique des pseudo-acides.

Il a notamment trouvé dans la détermination des indices de réfraction de ces acides et des sels de sodium correspondants, un procédé de diagnose publié sous le nom de *Méthode optique différentielle* et qui lui a permis de déceler des changements de constitution, non seulement dans les dérivées

des éthers isonitrosocyanacétiques, mais encore dans ceux des éthers cyanacétiques, cyanomalonique, du malonitrile et du camphre cyané de M. A. Haller. Les dérivés sodiques de tous ces corps ont une constitution différente de celle du générateur.

En collaboration avec M. Édouard Bauer, il reprit la question de l'éther oximidocyanacétique et l'étudia non seulement au point de vue optique, mais encore aux points de vue calorimétrique et de la conductibilité électrique. Un des résultats remarquables de ce travail est le parallélisme frappant entre l'exaltation optique croissante due à l'introduction de groupements de plus en plus négatifs dans la molécule et l'augmentation corrélative de la force de l'acide, décelée par la conductibilité électrique.

Ses recherches sur le pouvoir rotatoire magnétique n'ont pas été moins fécondes en résultats. Dans beaucoup de cas, il y a parallélisme entre le pouvoir rotatoire magnétique et l'indice de réfraction; les tautoméries se décèlent de la même façon.

Outre ces travaux inspirés par une idée directrice générale, M. P.-Th. Muller a porté son activité dans d'autres domaines de la physico-chimie. C'est ainsi qu'il s'occupa de la multirotation des sucres, de la vitesse des réactions limitées, de l'affinité réciproque de l'eau et du phosphate de sodium, du calcul de la conductibilité limite exacte de quelques électrolytes, de la constitution de l'ammoniaque et des amines dissoutes dans l'eau, de l'acide cacodylique envisagé comme base, etc.

Beaucoup de ces recherches ont été commencées avec ses élèves qui les développèrent ensuite sous sa direction pour en faire l'objet d'une thèse de Doctorat ès sciences. En possession, à Nancy, du premier Institut de Chimie physique de France, Institut qu'il a su organiser avec tous les perfectionnements imposés par l'évolution de la Science, il a tiré le meilleur parti des nouvelles installations, a groupé autour de lui une phalange de jeunes gens auxquels, en véritable Chef d'École, il a su infuser l'amour de la Science et la passion de la recherche. Ces mêmes sentiments l'animent à Strasbourg où, comme Directeur de l'Institut de Chimie de la Faculté des Sciences, il s'efforce de créer et d'organiser des laboratoires qui lui permettront d'assurer la continuité de ses études interrompues par les événements.

Les nombreux titres que nous venons d'exposer ont paru à la Commission plus que suffisants pour proposer à l'Académie que le prix La Caze soit décerné à M. **P.-Th. Muller**, Doyen de la Faculté des Sciences de Strasbourg.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

FONDATION CAHOURS.

(Commissaires : MM. Lemoine, Haller, Le Chatelier, Moureu, Béhal, Urbain, Schlœsing, Maquenne; Lindet, rapporteur.)

La Commission propose que les arrérages de la fondation Cahours soient remis, à titre d'encouragement, à Mlle **Andrée Chaudun**, qui a publié, en collaboration avec M. l'Abbé Colin, une étude physico-chimique sur l'inversion du sucre. Dans cette étude, les auteurs démontrent que la vitesse d'hydrolyse dépend non pas de la concentration en sucre ou en enzyme, mais du quotient de ces deux concentrations. Tout se passe comme si le catalyseur se portait sur le corps qu'il transforme et fournissait avec lui un complexe instable, dont la décomposition est réglée par la loi d'action des masses. La loi ne se vérifie pas quand la concentration dépasse 10 à 12 pour 100, à cause de la viscosité du liquide.

Cette étude a été faite au laboratoire de M. Colin et sous sa constante direction, et, de l'aveu même de Mlle Chaudun, les résultats ne lui appartiennent pas en propre. Toutefois, il a semblé à la Commission qu'elle ne devait pas être plus sévère que la Faculté des Sciences qui a accepté la thèse de Mlle **Chaudun**, dont les différents chapitres avaient été publiés en collaboration avec M. Colin.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PRIX HOUZEAU.

(Commissaires : MM. Lemoine, Haller, Moureu, Béhal, Urbain, Schlœsing, Maquenne, Lindet; Le Chatelier, rapporteur.)

M. **René Dubrisay**, Ingénieur des manufactures de l'Etat, Professeur de chimie à l'école des Ponts et Chaussées, a consacré jusqu'ici toutes ses recherches à l'étude des solutions salines. Il a réussi à introduire dans ce champ d'expérience quelques idées nouvelles.

Dans l'équilibre des solutions salines, les formules classiques de Gibbs ne tiennent compte que des corps entrant en réaction ; aucun terme ne se rapporte aux corps étrangers, présents dans la dissolution. Cela suppose les dissolutions assez diluées pour que les chaleurs de réaction et les densités restent indépendantes de la présence de ces corps? En solutions plus con-

centrées, M. Dubrisay a réussi à déplacer l'équilibre de décomposition du nitrate de bismuth par introduction dans la solution de divers corps : chlorure de sodium, acétone, etc.

M. Dubrisay a donné une nouvelle méthode d'analyse chimique basée sur l'observation des phénomènes capillaires. Au contact de l'eau, la tension superficielle du benzène renfermant une certaine proportion d'acide gras est profondément modifiée par la présence de bases alcalines dans la phase aqueuse. Cette observation a été mise à profit pour les dosages acidimétriques; elle a permis en particulier de séparer les diverses fonctions de l'acide phosphorique, de l'acide periodique, etc.

M. Dubrisay a institué une méthode également nouvelle pour l'étude des phénomènes d'équilibre se produisant dans les solutions aqueuses, en utilisant la miscibilité incomplète de certains couples liquides, comme l'eau et le phénol. La température de miscibilité de ces couples est considérablement modifiée par la présence de corps dissous dans l'une ou l'autre des phases liquides en présence. On a pu ainsi mettre en évidence, dans les solutions aqueuses, la formation de diverses combinaisons partiellement dissociées : sulfates acides, sulfates doubles, combinaisons de l'acide borique avec la mannite, etc.

Pendant la guerre, M. Dubrisay, attaché au service des poudres, a réalisé divers progrès dans la fabrication des explosifs : préparation industrielle de l'acide picrique au moyen d'acides faibles; préparation du dinitrophénol, etc.

Dans tous ces travaux, M. **Dubrisay** a fait preuve d'un réel esprit d'originalité. Votre Commission vous propose en conséquence, de lui décerner le prix Houzeau.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

MINÉRALOGIE ET GÉOLOGIE

PRIX VICTOR RAULIN.

(Commissaires : MM. Barrois, Douvillé, Termier, De Launay, Haug, A. Lacroix, Depéret, Kilian ; Wallerant, rapporteur.)

Pendant longtemps on n'a connu la polarisation rotatoire que dans les cristaux cubiques et les uniaxes. On croyait même avoir démontré qu'elle ne pouvait exister dans les cristaux biaxes, lorsque, en 1900, à la suite de recherches théoriques, Poklinton la rechercha systématiquement et la mis en évidence dans quelques cristaux, tels que le sucre. Mais sa méthode purement qualitative ne permettait de la constater que quand elle était très élevée, et il était, par suite, impossible d'établir une relation entre le pouvoir rotatoire et les autres propriétés.

Au contraire, M. **Louis Longchambon**, chargé de cours à la Faculté des sciences de Nancy, a imaginé une méthode lui permettant de mesurer la rotation à $\frac{1}{10}$ de degré près et, par suite, de la constater partout où elle a lieu. De ses nombreuses mesures, il a pu tirer des conclusions définitives établissant la relation entre le pouvoir rotatoire et la symétrie cristalline. Le pouvoir rotatoire se rencontre dans tous les cristaux dépourvus de centre et de plan de symétrie.

Les cristaux satisfaisant à cette condition sont de deux sortes : les uns sont constitués par des corps inactifs à l'état dissous, et, par suite, le pouvoir rotatoire est certainement dû à la structure. Si, au contraire, le corps constituant le cristal est actif, ce dernier, comme l'a montré Rastein, est forcément dépourvu de centre et de plan de symétrie, et son pouvoir rotatoire est la résultante de l'action de la molécule et de celle de la structure. Mais il est facile de montrer que cette dernière est prépondérante : l'acide tartrique droit fait en effet tourner le plan de polarisation à gauche lorsqu'il est cristallisé.

La Commission propose de décerner le prix Victor Raulin à M. **Louis Longchambon**.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

BOTANIQUE.

PRIX DESMAZIÈRES.

(Commissaires : MM. Guignard, Gaston Bonnier, Mangin, Costantin, Lecomte, Dangeard, Bouvier, le prince Bonaparte; Henneguy, rapporteur.)

M. **Edouard Chatton**, professeur à la Faculté des sciences de l'Université de Strasbourg, s'est consacré depuis plusieurs années à l'étude des Protozoaires : il a fait connaître la structure et le mode de reproduction de diverses Amibes et de plusieurs Flagellés. Son travail sur les Péridiniens parasites, un volume de 475 pages accompagné de nombreuses figures et de 18 planches, est une mise au point d'une question toute nouvelle à laquelle il apporte une contribution personnelle des plus importantes. Il a étudié les Péridiniens qui vivent en parasites externes, fixés sur les téguments, ceux qui se trouvent dans le tube digestif et dans la cavité cœlomique, et enfin ceux qui ont une évolution intracellulaire. Ces divers parasites infestent plusieurs Invertébrés marins, Cœlentérés, Échinodermes, Mollusques, Vers, Tuniciers, et surtout Crustacés, principalement les Copépodes; ils peuvent aussi parasiter des Protistes, Diatomées, Flagellés, Ciliés.

Les Péridiniens parasites se présentent sous des formes très variées, très différentes de celles des Péridiniens à vie libre, mais la vie parasitaire retentit sur leur mode de reproduction plus encore que sur leur morphologie. Tandis que les Péridiniens libres se reproduisent par simple scissiparité transversale, chez beaucoup d'espèces parasites il y a ce que l'auteur appelle *palisporogenèse* ou *sporogenèse itérative* : c'est-à-dire production de poussées successives de spores à partir d'une même cellule, par scission périodique de cellule en deux cellules hétérodynames : le *trophocyte* qui reste longtemps indivis tout en s'accroissant, et le *gonocyte* qui se divise et forme des sporocytes donnant eux-mêmes des spores. Cette palisporogenèse a pour origine le mode de division transversale spécial aux Péridiniens.

Un des caractères des Péridiniens parasites est d'être en général polyénergides, c'est-à-dire d'être constitués par un plasmodium renfermant

plusieurs noyaux; cette polyénergide apparaît chez certains Péridiniens libres, tels que les *Polykrikos*, mais elle est d'autant plus prononcée que le parasitisme est plus accentué. Il est naturel de penser que, chez les Péridiniens, l'état plasmodial et sa cause première, l'inhibition des scissions cytoplasmiques, sont la conséquence de l'hypernutrition parasitaire. Le caractère péridinien, plus ou moins complètement effacé aux stades végétatifs des formes parasites, reparaît dans les éléments reproducteurs qui échappent aux déformations adaptatives en conservant le mieux la morphologie ancestrale.

Outre la description de plusieurs espèces nouvelles, le travail de M. Chatton renferme un grand nombre de faits nouveaux relatifs à la structure, à la reproduction des Péridiniens parasites et à leurs affinités avec les groupes voisins. C'est une œuvre qui a nécessité une longue et patiente observation dans laquelle l'auteur a fait preuve d'une remarquable sagacité pour arriver à établir le cycle évolutif d'organismes très difficiles à étudier.

La Commission à l'unanimité propose de décerner le prix à M. **Chatton**, et d'accorder une mention honorable à M. **Louis Emberger**, chargé de cours à la Faculté de pharmacie de Montpellier, pour ses *Recherches sur l'origine de l'évolution des plastides chez les Ptéridophytes*, et à Mlle **Ethel Mellor** pour son travail sur les *Lichens vitricoles et la détérioration des vitraux d'églises*.

L'Académie adopte les propositions de la Commission.

PRIX MONTAGNE.

(Commissaires : MM. Guignard, Gaston Bonnier, Mangin, Lecomte, Dangeard, Bouvier, le prince Bonaparte, Henneguy; Costantin, rapporteur.)

La Commission propose d'accorder le prix Montagne en 1922 à M. **Étienne Foëx**, directeur de la station de pathologie végétale du Ministère de l'Agriculture, pour l'ensemble de ses travaux de Mycologie. Trois questions principales ont fait l'objet de ses études : les Erysiphacées, les Rouilles et le Piétin des Céréales.

Il a montré le véritable intérêt que présente la connaissance exacte des formes oïdiales dont l'étude morphologique et cytologique a été entreprise par lui. Ses recherches l'ont mis parfois en présence de deux sortes de conidiophores, par exemple dans l'*Oidiopsis taurica*. Avec M. Arnaud, il a décou-

vert la forme parfaite de l'Oïdium du Chêne (*Microsphæra*). Il a enfin précisé les modes d'hibernation des Erysiphées.

Il a retrouvé en France les espèces et formes de Rouilles signalées par M. Eriksson; il a établi les époques de leur apparition, les conditions favorables de leur développement, ainsi que l'importance des dégâts qu'elles déterminent. Il a pu, de plus, suivre l'évolution d'un certain nombre de variétés bien sélectionnées en cherchant à les apprécier au point de vue de leur végétation, de leur résistance aux maladies et de leur rendement.

Pour le Piétin, il a établi qu'il y a bien véritablement parasitisme et qu'on peut incriminer tantôt l'*Ophiobolus graminis*, tantôt le *Leptosphæria herpotrichoides* (et même aussi le *L. culmifraga*) mais jamais l'*Ophiobolus herpotrichus* qui est un saprophyte fréquent.

Ces travaux et beaucoup d'autres de l'auteur ont un intérêt théorique et surtout pratique, non seulement pour les cultures européennes mais aussi pour les cultures tropicales (maladie du Maïs de Cochinchine); ils justifient la récompense que la Commission propose d'accorder à M. **Foëx**.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PRIX DE LA FONS MÉLICOCQ.

(Commissaires : MM. Guignard, Mangin, Costantin, Lecomte, Dangeard, Bouvier, le prince Bonaparte, Henneguy; Gaston Bonnier, rapporteur.)

M. **Pierre Allorge** a déposé à l'Académie un mémoire considérable et admirablement documenté sur la Géographie botanique du Vexin français.

L'auteur, contrairement à l'habitude de la plupart des botanistes qui se sont occupés de la distribution des végétaux, a compris les Cryptogames non vasculaires (Mousses, Hépatiques, Lichens, Algues) dans ses études sur la répartition des espèces. Ce travail, qui est accompagné de nombreuses cartes et figures dans le texte, de seize planches et d'une carte générale botanique du Vexin français, le tout exécuté par l'auteur, est rédigé avec méthode et clarté.

Il est impossible, dans ce rapport succinct, de résumer ces recherches, ni même d'en reproduire les conclusions. Faisons remarquer seulement avec quel soin l'étude consciencieuse de la biologie des espèces caractéristiques et de la composition des associations végétales est exposée dans ce travail qui peut être considéré comme un modèle du genre.

Aussi la Commission propose d'accorder le prix de La Fons Mélicocq à M. **Pierre Allorge.**

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PRIX DE COINCY.

(Commissaires : MM. Guignard, Gaston Bonnier, Mangin, Costantin, Dangeard, Bouvier, le prince Bonaparte, Henneguy; H. Lecomte, rapporteur.)

M. **Marcel Denis**, préparateur à la Faculté des sciences de Paris, a publié en 1921 un travail intitulé : *Les Euphorbiées des îles australes d'Afrique*, pour lequel il a réuni ses études antérieures sur les Euphorbiées de Madagascar, c'est-à-dire sur les deux genres à cyathium, *Anthostema* et *Euphorbia*, le premier étant d'ailleurs simplement signalé.

Dans le genre *Euphorbia*, M. Marcel Denis, à l'exemple de la plupart des monographes, admet des sections qui sont d'après lui au nombre de trois : *Anisophyllum*, *Euphorbium* et *Tithymalus*, comprenant respectivement 13, 44 et 6 espèces, soit au total 63 espèces, dont 11 nouvelles.

M. Marcel Denis a fourni une étude détaillée de ces différentes espèces, avec des diagnoses suffisantes et des clés dichotomiques.

Une espèce mal connue, attribuée par Baker au genre *Pedilanthus*, a dû, après une étude nouvelle plus complète, être rattachée au genre *Euphorbia*. D'autre part, une dizaine d'espèces créées par divers auteurs d'après des caractères insuffisants ont été abandonnées, pour rentrer dans des espèces déjà connues.

Pour ce travail de révision, M. M. Denis a utilisé des caractères jusqu'ici quelque peu négligés ou méconnus, tels que la présence ou l'absence de bractées spéciales — pour lesquelles il a créé peut-être inutilement le nom de cyathophylles — la sexualité du cyathium, la forme du fruit, la persistance du calice, etc.

Avec bonne foi, M. M. Denis a reconnu l'impossibilité actuelle de distinguer les Euphorbes de Madagascar d'après l'unique considération de leurs caractères anatomiques; mais il conclut, avec raison, que ces caractères viennent souvent, pour les sections du moins, compléter les caractères tirés de la morphologie externe et qu'ils peuvent être d'une utilité incontestable dans tous les cas — et ils sont fréquents — où le botaniste ne dispose que de matériaux incomplets.

En étudiant la répartition, M. M. Denis a reconnu que dans les trois régions de Madagascar à climat tropical et humide, les Euphorbes arborescentes sont à feuilles persistantes, tandis que dans la région sous le vent, à climat plus sec, les feuilles sont caduques et qu'enfin dans le Centre, le Sud et le Sud-Est, les Euphorbes xérophytiques sont à facies charnu et souvent épineux.

M. Marcel Denis, qui a déjà donné un certain nombre de notes intéressantes sur divers sujets de Botanique, en particulier sur les Desmidiées du Jura, sur la flore algologique des environs de Paris, sur les suçoirs du *Cassytha filiformis*, etc., paraît avoir actuellement concentré son attention sur l'étude des Euphorbiacées et récemment il publiait, dans le *Bulletin du Muséum d'Histoire naturelle*, deux notes successives, l'une sur une Euphorbe nouvelle d'Afrique, l'autre sur diverses Euphorbiacées malgaches.

La Commission propose d'attribuer le prix de Coincy à M. **Marcel Denis.**

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

ANATOMIE ET ZOOLOGIE.

PRIX CUVIER.

(Commissaires : MM. Bouvier, Henneguy, Marchal, Mesnil, Gravier, d'Arsonval, le prince Bonaparte, Douvillé; Joubin, rapporteur.)

Depuis 1883, époque à laquelle il soutint sa thèse de doctorat ès sciences, sur l'anatomie des Échinides et principalement des Échinides irréguliers, M. **René Kœhler**, aujourd'hui professeur à la Faculté des Sciences de Lyon, a consacré toute sa carrière à l'étude des Échinodermes et l'on peut dire qu'il est devenu le maître incontesté, dans tous les pays, dans cette branche de la Zoologie. Il en est résulté que de tous côtés on lui envoie, pour en faire l'étude, de très précieux matériaux.

Il s'est plus spécialement orienté vers la systématique si difficile de cet embranchement, et il y a acquis sa grande compétence par l'examen des innombrables échantillons recueillis au cours de la plupart des expéditions scientifiques entreprises depuis un demi-siècle.

Citons parmi les plus importants de ses magnifiques mémoires, accompagnés de plusieurs centaines de planches :

Les Ophiures des expéditions françaises du *Travailleur* et du *Talisman*; celles de l'expédition hollandaise du *Siboga* aux îles de la Sonde, les Échinodermes des expéditions anglaises de l'*Investigator* dans l'océan Indien, dont les résultats font l'objet de onze volumes in-4°.

Les Échinodermes provenant des diverses croisières du prince Albert de Monaco à bord de l'*Hirondelle I*, de la *Princesse-Alice*, de l'*Hirondelle II*, lui ont fourni trois volumes. Ceux des expéditions du commandant Charcot dans l'Antarctique à bord du *Français* et du *Pourquoi-Pas ?*, deux volumes.

Dans la même région antarctique les expéditions belge de la *Belgica* (commandant de Gerlache), écossaise (commandant Bruce), anglaise (commandant Shackleton), suédoise (commandant Nordenskyold), australienne (commandant Douglas-Manson), de Rallier du Baty aux îles Kerguelen, ont envoyé tous leurs Échinodermes à M. Kœhler qui en a fait l'étude dans autant de mémoires.

Les Ophiures des diverses expéditions américaines de l'*Albatross*, dans l'Atlantique et aux Philippines, des missions suédoises aux îles Gambier et Touamotou, suisses aux îles Aru et Kei, ont fait l'objet d'importantes publications de M. Kœhler.

Bref, toutes les expéditions zoologiques ont fourni à ce savant plus de mille espèces nouvelles appartenant à l'embranchement des Échinodermes.

Les Allemands eux-mêmes avaient remis, avant la guerre, à M. Kœhler, les collections du *Gauss* et de la *Valdivia*. Elles n'ont pas été étudiées et M. Kœhler, après la guerre, les a renvoyées; mais il en a retenu une espèce extrêmement curieuse qu'il a dédiée à Miss Edith Cavell et qu'il a nommée *Artrophiura Cavellæ*.

Tous les travaux de M. Kœhler sont accompagnés de très nombreuses planches. Pour les exécuter M. Kœhler a profité des merveilleuses installations photographiques de MM. Lumière à Lyon; il a obtenu ainsi une documentation unique et incomparable par son exactitude et son exécution la plus favorable à la photogravure.

Le Muséum a eu souvent recours à M. Kœhler qui a fait la révision de ses collections d'Ophiures et qui lui envoie tous les Échinodermes qui lui parviennent de tous les points du monde.

En ces derniers temps, M. Kœhler a collaboré à la *Faune française* en publiant le premier volume paru, consacré aux Échinodermes des côtes de

France. Il imprime actuellement les *Échinodermes d'Europe* pour l'*Encyclopédie scientifique* (deux volumes).

Pour récompenser ce labeur fécond de trente-cinq années, la Commission propose à l'Académie de décerner à M. **Kœhler** le prix Cuvier.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

FONDATION SAVIGNY.

(Commissaires : MM. Bouvier, Henneguy, Marchal, Mesnil, N..., d'Arsonval, le prince Bonaparte, Douvillé; Joubin, rapporteur.)

La Commission propose d'attribuer le Prix Savigny à M. le Dr **Jacques Pellegrin**, assistant au Muséum national d'Histoire naturelle, pour son important Mémoire sur les Poissons des eaux douces de l'Afrique du Nord.

Cet Ouvrage n'est pas seulement une faune ichtyologique complète comprenant la description exacte et précise, ainsi que la figuration, de toutes les espèces actuellement signalées dans l'Afrique septentrionale. On y trouve une première partie, d'ordre général, contenant des aperçus nouveaux sur la répartition géographique des animaux aquatiques, ainsi que de nombrenx renseignements sur les Poissons étudiés au triple point de vue zoologique, biologique et économique. Il renferme aussi des indications variées sur la pèche, la pisciculture, les formes indigènes et acclimatées, la détermination des espèces, les modes de capture et de conservation en vue de l'étude.

Dans la seconde partie, en dehors des types déjà connus, sont décrites et figurées pour la première fois plusieurs espèces nouvelles du Maroc, de l'Algérie, de la Tunisie et du Sahara. Un des faits les plus curieux, mis en relief par M. **J. Pellegrin**, est, en effet, la présence en des points très variés du Sahara, de poissons et autres animaux aquatiques représentant actuellement les derniers vestiges d'une faune jadis plus abondante.

Cet Ouvrage vient s'ajouter à une série de travaux du même auteur, notamment un Volume sur les Poissons du bassin du Tchad, publié en 1914 et différentes Notes sur les poissons de Syrie, de la mer Rouge, et de la Haute Égypte. Tout cet ensemble constitue un apport important à nos connaissances sur la faune ichtyologique africaine en général et plus particulièrement sur la zoologie des contrées envisagées dans la fondation du prix Savigny.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PRIX THORE.

(Commissaires : MM. Henneguy, Marchal, Joubin, Mesnil, Gravier, d'Arsonval, le prince Bonaparte, Douvillé; Bouvier, rapporteur.)

Le prix Thore est destiné à récompenser les meilleurs mémoires *Sur les mœurs et l'anatomie d'une espèce des insectes en Europe*. Or il a paru cette année un travail qui répond amplement et d'une manière parfaite à ces exigences; l'espèce qu'il étudie est celle des *Insectes orthoptères* et il s'applique aux nombreuses formes que présente cette « espèce » dans notre pays. Ce travail est un beau volume, le troisième, de la « *Faune française* » publiée par la Fédération des Sociétés de Sciences naturelles sous les auspices et avec le concours de notre Académie; il est l'œuvre d'un jeune et passionné entomologiste, M. **Lucien Chopard** qui, par son talent et sa précision, s'est fait une place de choix parmi les orthoptérologistes du monde. Le travail de M. Chopard débute par un exposé des caractères essentiels et par la classification du groupe; il donne des tableaux synoptiques qui permettent d'en déterminer toutes les formes françaises et il étudie ensuite chacune de ces formes dont il donne la diagnose, indique l'habitat et fait connaître les habitudes; le tout accompagné de figures nombreuses que l'auteur a dessinées lui-même avec une netteté et un talent remarquables.

Cette œuvre va donner sûrement une impulsion à l'étude des Insectes orthoptères; elle fait le plus grand honneur à M. **Lucien Chopard**, secrécrétaire général de la Société entomologique de France, et justifie le choix de votre Commission qui vous propose de décerner le prix Thore à ce distingué entomologiste.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

MEDECINE ET CHIRURGIE.

PRIX MONTYON.

(Commissaires : MM. d'Arsonval, Charles Richet, Quénu, Bazy, N..., Guignard, Branly; Widal, Roux, Henneguy, Leclainche, Mesnil, rapporteurs.)

La Commission propose de décerner :

Un prix de 2500fr à M. **Charles Dopter**, professeur au Val-de-Grâce, pour son ouvrage intitulé : *L'infection méningococcique;*

Un prix de 2500fr à M. **Eugène Wollman**, chef de laboratoire à l'Institut Pasteur, pour ses études de la vie en l'absence de micro-organismes;

Un prix de 2500fr à MM. **Edmond Lesné**, médecin des hôpitaux de Paris, et **Léon Binet**, chef de laboratoire à la Faculté de médecine de Paris, pour leur ouvrage intitulé : *Physiologie normale et pathologique du nourrisson;*

Une mention honorable de 1500fr à MM. **Émile Weil**, médecin de l'hôpital Tenon, et **Jean Loiseleur**, de Laval, pour leurs travaux sur les pneumo-séreuses diagnostiques et thérapeutiques;

Une mention honorable de 1500fr à M. **J.-B. Piot-Bey**, président de l'Institut d'Égypte, pour son travail intitulé : *Organisation et fonctionnement du service vétérinaire à l'Administration des domaines de l'État égyptien;*

Une mention honorable de 1500fr à MM. **Philippe Lasseur**, préparateur, et **Louis Spillmann**, professeur à la Faculté de médecine de Nancy, pour leur ouvrage intitulé : *Réactions anticorps. Étude quantitative de la fixation de l'alexine;*

Une citation à M. **André Feil**, ancien interne des hôpitaux de Paris, pour son ouvrage intitulé : *L'absence et la diminution des vertèbres cervicales;*

Une citation à M. **Serge Tchahotine**, de l'Institut pathologique de Zagreb, pour son ouvrage intitulé : *Recherches de cytologie expérimentale faites avec la méthode de la radiopuncture microscopique;*

Une citation à MM. **Maurice Fontoynont**, directeur de l'École de méde-

cine de Tananarive, et **Humbert Boucher**, directeur de l'Institut Pasteur de Tananarive, pour leur mémoire intitulé : *Contribution à l'étude des mycoses de Madagascar.*

Rapport de M. Roux *sur l'Ouvrage de M.* **Charles Dopter**, *intitulé :* L'infection méningococcique.

Le titre de l'ouvrage de M. **Dopter** indique l'évolution des idées sur le rôle du méningocoque. Récemment encore, on ne lui attribuait que la méningite cérébro-spinale ; M. Dopter montre que ce germe détermine des manifestations multiples qui précèdent, accompagnent ou suivent la méningite ou même se produisent en l'absence de toute réaction méningée.

Les acquisitions faites dans les dernières années sur le méningocoque sont exposées dans le livre de M. Dopter ; beaucoup lui sont dues. L'existence des diverses variétés de méningocoques nécessitant l'emploi dans la thérapeutique de sérums rigoureusement spécifiques a été signalée par l'auteur.

M. Dopter montre que l'infection à méningocoque a pour origine la rhino-pharyngite méningococcique. C'est du rhino-pharynx que part le méningocoque pour atteindre les méninges ou pour produire la septicémie méningococcique et la localisation dans divers organes. Ce sont les personnes atteintes de rhino-pharyngite, souvent si bénigne qu'elle passe inaperçue, qui transportent les germes du mal et créent les foyers épidémiques. M. Dopter en cite des exemples convaincants.

De ces notions découle la prophylaxie de l'infection méningococcique et de sa thérapeutique.

Pour reconnaître la part personnelle qui revient à M. **Dopter** dans le progrès de nos connaissances sur les variétés de méningocoques et les affections qu'ils déterminent, la Commission propose de lui attribuer un des prix Montyon de Médecine.

Rapport de M. Roux *sur les travaux de M.* **Eugène Wollman**.

Depuis plusieurs années, M. le D[r] **Wollman** s'est adonné à l'étude de la vie sans microbes, envisagée pour la première fois par Pasteur. Les microbes qni pullulent dans l'intestin de l'homme et des animaux sont-ils utiles à leur hôte? Servent-ils à la digestion de certains aliments? Cette

question a fait le sujet d'un grand nombre de travaux dont les conclusions sont contradictoires.

M. Wollman, avec la collaboration de M. le Dr Cohendy, a pu élever aseptiquement dans un appareil ingénieux des cobayes qui se développent fort bien sans microbes. Ceux-ci ne sont donc pas nécessaires pour la digestion et l'assimilation des aliments. Toutefois, chez ces cobayes nourris d'aliments stérilisés apparaissent, après quelques semaines, des accidents de scorbut dus à l'absence de vitamines. Le scorbut n'est donc pas une maladie causée par les microbes, comme on l'a prétendu autrefois.

Les larves d'insectes, notamment celles des mouches et de la teigne des ruches, se développent fort bien sans l'intervention des microbes et arrivent à l'état d'insectes parfaits, aseptiques. Les larves de mouche croissent mal sur la viande stérilisée à 115°, celle-ci est trop dure, mais sur la cervelle portée à 115°-120°, et qui reste molle, elles grandissent rapidement et donnent des mouches ailées tout à fait aseptiques. De cette expérience, on peut conclure que les larves de mouche croissent normalement en l'absence de vitamines.

Si l'on fait manger de ces larves aseptiques à des rats, nourris d'aliments stérilisés et devenus scorbutiques, ils se rétablissent. Les larves de mouche ont donc apporté les vitamines qui manquaient, bien qu'elles aient été alimentées de substances avitaminées.

Au moyen des mouches aseptiques, M. Wollman a étudié le transfert des microbes pathogènes par ces insectes.

La larve ou la mouche aseptique, mise au contact d'une culture pure de bacille typhique, par exemple, est transportée successivement sur plusieurs boîtes contenant de la gélose nutritive. Le développement des colonies atteste la souillure de l'insecte. Par des procédés aussi élégants que sûrs, M. Wollman a vu que les germes absorbés par les larves ne passent pas à l'insecte parfait et que les mouches contaminées, à l'état adulte, ne restent infectantes que pendant quelques jours.

Cet exposé suffit à montrer combien de questions importantes pour la physiologie et la bactériologie peuvent être résolues par la méthode des élevages aseptiques, si habilement mise en œuvre par M. **Wollman**, aussi la Commission propose-t-elle de lui attribuer un des Prix Montyon de Médecine.

Rapport de M. Widal *sur l'Ouvrage de MM.* **Edmond Lesné** *et* **Léon Binet**, *intitulé :* Physiologie normale et pathologique du nourisson.

Les auteurs étudiant d'une façon très complète les fonctions des divers appareils du nourrisson normal en tirent des déductions pathologiques du plus grand intérêt au point de vue de la pathologie et de la pratique médicale.

Rapport de M. Widal *sur les travaux de MM.* **Émile Weil** *et* **Jean Loiseleur.**

MM. **Emile Weil** et **Jean Loiseleur** présentent un ensemble de travaux sur les pneumo-séreuses. Les injections d'air dans les épanchements ont donné des résultats très importants au point de vue du diagnostic et du traitement des maladies des séreuses.

Rapport de M. E. Leclainche *sur l'Ouvrage de M.* **J.-B. Piot-Bey.**

Chargé pendant trente-six années de la direction du Service vétérinaire des Domaines de l'État égyptien, M. **J.-B. Piot-Bey** a étudié toutes les maladies des diverses espèces domestiques entretenues.

Le travail qu'il présente contient un résumé de ses nombreuses observations. Il constitue une importante contribution à la connaissance de la pathologie animale exotique et de l'hygiène des pays chauds.

L'auteur insiste avec raison sur cette particularité que toutes les méthodes de prophylaxie et de traitement conseillées ont été longuement expérimentées. Il fournit, d'ailleurs, des indications précises sur les résultats économiques impressionnants qui ont pu être obtenus, malgré toutes les difficultés rencontrées.

A tous les points de vue, l'œuvre réalisée en Égypte par M. **Piot-Bey** constitue, pour les administrations coloniales, un guide et un exemple.

Votre Commission a estimé qu'elle devait être signalée et récompensée.

Rapport de M. Mesnil, *sur l'Ouvrage de MM.* **Philippe Lasseur** *et* **Louis Spillmann.**

MM. **Lasseur** et **Spillmann** ont entrepris une étude étendue des réactions entre les antigènes et les anticorps. Les auteurs antérieurs, qui ont étudié la réaction de Bordet-Gengou d'une part et celle de Wassermann d'autre

part, ont, naturellement, constaté des variations d'intensité de l'hémolyse suivant les concentrations des substances mises en présence; mais ils n'ont étudié ces variations que dans des domaines restreints. Leurs résultats, obtenus dans des conditions différentes, sont ainsi représentés assez fréquemment par des énoncés contradictoires. MM. Lasseur et Spillmann se sont proposé, au contraire, d'étudier les variations des phénomènes dans un domaine assez étendu. Le premier fascicule de leur travail, le seul qui soit publié jusqu'ici, envisage d'abord la fixation de l'alexine par un complexe antigène bactérien et sérum spécifique; puis, dans une deuxième partie, l'hémolyse par des sérums d'animaux préparés. Les résultats de leurs nombreuses expériences sur la fixation de l'alexine sont représentés par des équations empiriques et par des courbes. De la même manière, dans l'hémolyse par les sérums des animaux préparés, les rapports entre l'activité des mélanges et les quantités des trois constituants, alexine, antigène et sensibilisatrice, ont été représentés par des courbes et discutés. A signaler, en particulier, celles qui se rapportent aux quantités relatives de sensibilisatrice libre et fixée.

Les auteurs ne croient pas que l'ensemble des faits conduise à considérer que l'hypothèse d'un équilibre chimique tel qu'il est envisagé par Arrhénius et Madsen puisse rendre compte du phénomène d'hémolyse. Le travail est accompagné d'une bibliographie très abondante dont les résultats sont amplement discutés. Il est à souhaiter que, suivant leur vœu, les auteurs puissent surmonter les difficultés matérielles qui se sont opposées jusqu'ici à la publication complète de leurs expériences; votre Commission propose à l'Académie de les y aider en leur accordant une mention honorable du Concours Montyon.

L'Académie adopte les propositions de la Commission.

PRIX BARBIER.

(Commissaires : MM. d'Arsonval, Charles Richet, Quénu, Widal, Guignard, Roux, Henneguy, Branly, Mesnil; Bazy, rapporteur.)

La Commission propose d'attribuer le prix Barbier à M. l'Inspecteur général du service de santé **Edmond Delorme**, qui a envoyé une Note sur la décortication pulmonaire.

Si tout d'abord l'on pouvait craindre que M. Delorme ne regardât d'un œil trop paternel la nouvelle opération qu'il a imaginée depuis déjà longtemps

pour la guérison de pleurésies purulentes chroniques, aujourd'hui, d'après le nombre des faits publiés et des opérations accomplies par un grand nombre de chirurgiens avec des succès qui sont constants, si l'on observe bien les règles tracées par Delorme, il est prouvé qu'il s'agit là d'une bonne opération dont la paternité est incontestablement attribuée à M. **Delorme** et qui constitue une conquête thérapeutique réelle.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PRIX BRÉANT.

(Commissaires : MM. d'Arsonval, Charles Richet, Quénu, Widal, Bazy, N..., Guignard, Roux, Henneguy, Branly; Mesnil, rapporteur.)

La Commission propose de décerner :

Un prix de 3000fr à Mme le Dr **Marie Phisalix**, attachée au laboratoire de zoologie du Muséum, pour son Ouvrage intitulé : *Les animaux venimeux et venins;*

Un prix de 2000fr à MM. **Edmond Sergent**, directeur de l'Institut Pasteur d'Algérie, et **Etienne Sergent**, chef du service antipaludique algérien, pour leurs travaux sur l'étiologie et la prophylaxie du Debab, trypanosomiase des dromadaires de l'Afrique du Nord.

Rapport sur l'Ouvrage de Mme **Phisalix**.

L'Académie, à deux reprises, a couronné les travaux de C. Phisalix sur les venins; en 1916, elle a déjà accordé un prix Bréant à Mme Phisalix, digne continuatrice de l'œuvre de son mari, mort prématurément en 1906.

Cette année, Mme **Phisalix** a fait paraître deux gros volumes de 1600 pages, très abondamment et artistiquement illustrés, intitulés : *Animaux venimeux et venins*, et portant comme sous-titre : « La fonction venimeuse chez tous les animaux; les appareils venimeux, les venins et leurs propriétés; les fonctions et usages des venins; l'envenimation et son traitement ». Œuvre considérable, pour laquelle on ne saurait avoir trop de gratitude à Mme Phisalix; elle rendra d'inappréciables services à tous ceux qui ont à s'occuper soit des venins au sens strict du mot, soit d'un point quelconque de la fonction toxique dans tout le règne animal. Votre Commission ne pouvait pas ne pas avoir son attention attirée par les mérites réels de ces

deux volumes et elle vous propose d'attribuer à Mme **Phisalix**, avec le titre de lauréate, une part importante des arrérages du prix Bréant, en regrettant de ne pouvoir mieux récompenser son labeur persévérant qui a si brillamment abouti.

Rapport sur les travaux de MM. **Sergent**.

MM. **Edm.** et **Et. Sergent** ont envoyé une série de vingt Notes ou Mémoires s'étendant de l'année 1904 à l'année 1921 et traitant toutes de la trypanosomiase des dromadaires de l'Afrique du Nord, connue sous le nom de *debab*. C'est à ces savants qu'on doit la découverte du trypanosome agent de cette maladie. Ils en ont fait une étude expérimentale très complète. Ils ont bien montré les circonstances de la transmission par les tabanides qui éclosent en juin et assaillent les dromadaires en transhumance des hauts plateaux dans les plaines du Nord; ils ont précisé expérimentalement le rôle de ces insectes (tout dernièrement, ils ont mis aussi en évidence le rôle des stomoxes). Le chameau, dont la maladie est à marche lente et reste souvent latente, est le réservoir du virus qui peut parfois occasionner de petites épizooties équines. Au Soudan, existe un trypanosome très voisin, sinon identique, que Laveran a nommé *Tr. soudanense;* pour MM. Sergent, le trypanosome du debab doit constituer au moins une variété *berbera* de cette espèce. Le *Tr. marocanum*, agent d'épizooties équines du Maroc, constituerait une espèce distincte du *Tr. berberum*. La thérapeutique du debab a été bien étudiée et les auteurs ont montré que l'émétique est le meilleur médicament à employer.

Cette œuvre de longue haleine, méthodiquement conduite, a paru à votre Commission, par ses résultats dont nous avons énuméré brièvement les principaux, mériter d'être couronnée par l'Académie.

L'Académie adopte les propositions de la Commission.

PRIX GODARD.

(Commissaires : MM. d'Arsonval, Charles Richet, Quénu, Widal, Bazy, N..., Guignard, Roux, Branly, Mesnil; Henneguy, rapporteur.)

M. **Jean Turchini**, préparateur à la Faculté de Médecine de Paris, a étudié les processus cytologiques de l'élimination des matières colorantes par le rein. En injectant divers colorants, plus particulièrement du bleu de

méthylène, à divers Mammifères et Batraciens, il a constaté que les glomérules du rein restent incolores; seuls les tubes à bordure en brosse et les tubes à bâtonnets présentent des éléments colorés. La matière colorante apparaît d'abord dans les espaces intertubulaires, elle pénètre ensuite dans les cellules et se montre enfin dans la lumière des tubes. La décoloration suit l'ordre de la coloration. Dans les cellules, c'est le chondriome qui se colore vitalement. L'auteur a pu suivre les différentes phases de la sécrétion cellulaire : égrènement des chondriocontes en mitochondries, transformation des mitochondries en grains de sécrétion, dissolution des grains dans le cytoplasma sous-cuticulaire, excrétion exocellulaire par dialyse. La bordure en brosse demeure toujours permanente et intacte. Les recherches de M. Turchini confirment la théorie de Bowman qui admet qu'il y a sécrétion au niveau des tubes contournés et non résorption, selon la théorie de Ludwig.

La Commission propose de décerner le prix Godard à M. **J. Turchini.**

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PRIX MÈGE.

(Commissaires : MM. Charles Richet, Quénu, Widal, Bazy, N..., Guignard, Roux, Henneguy, Branly, Mesnil; d'Arsonval, rapporteur.)

La Commission propose de décerner le prix à M. **Pierre Mathieu**, professeur agrégé à la Faculté de médecine de Nancy, pour son Ouvrage intitulé : *Recherches de physiologie expérimentale*.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PRIX BELLION.

(Commissaires : MM. d'Arsonval, Charles Richet, Quénu, Bazy, N..., Guignard, Roux, Branly, Mesnil; Henneguy et Widal, rapporteurs.)

La Commission propose de décerner deux prix de 700fr :

l'un, à M. **Giuseppe Favaro**, directeur de l'Institut anatomique de la Royale Université, de Messine, pour son Ouvrage intitulé : *Lo spatium suprageniuale e le formazioni in esso contenute;*

l'autre, à M. **Arthur Vernes**, directeur de l'Institut prophylactique de Paris, pour ses recherches sur la mesure pondérale de la floculation par la photométrie.

Rapport de M. Henneguy *sur les travaux de M.* **Favaro.**

M. G. **Favaro**, directeur de l'Institut anatomique de Messine, a publié un important Ouvrage, *Lo spatium supragenuale et le formazioni in esso contenute*, qui représente une somme de travail considérable. L'auteur a examiné un grand nombre de genoux d'adultes et d'enfants des deux sexes, et en a suivi le développement chez l'embryon. Il n'a étudié que l'espace suprágénural, dans lequel il décrit toutes les dispositions que peuvent présenter les bourses séreuses sus-rotuliennes, médianes et latérales, les différents systèmes de faisceaux des muscles articulaires et leurs insertions, les vaisseaux et les nerfs. Cet Ouvrage, bien que limité à une région circonscrite de l'articulation du genou, intéresse les anatomistes et les chirurgiens.

Rapport de M. Widal *sur les travaux de M.* **Arthur Vernes.**

La Commission propose de décerner un prix Bellion à M. **Vernes**, pour ses recherches sur la méthode de syphilimétrie instituée dans le but de dépister la syphilis par la mesure photométrique de la floculation dans les sérums.

L'Académie adopte les propositions de la Commission.

PRIX DU BARON LARREY.

(Commissaires : MM. d'Arsonval, Quénu, Widal, Bazy, Guignard, Roux, Henneguy, Branly, Mesnil; Charles Richet, rapporteur.)

Le Dr **Pierre Perrin de Brichambaut**, capitaine aviateur, a écrit un très bon livre, bien documenté, sur les *Critères de l'aptitude au vol en avion*, Paris, 1921. Il indique avec tous les détails nécessaires les conditions requises pour l'admission d'un pilote, et entre dans l'étude approfondie, méthodique, de l'examen psycho-physiologique indispensable, en insistant avec raison sur la codification d'un Règlement international.

La Commission vous propose d'attribuer le prix du Baron Larrey à M. le Dr **Perrin de Brichambaut.**

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PHYSIOLOGIE.

PRIX MONTYON.

(Commissaires : MM. d'Arsonval, Roux, Henneguy, Mangin, Charles Richet, Quénu, Widal; Bazy, rapporteur.)

La Commission est d'avis de donner le prix Montyon de Physiologie à M. **Gaston Giraud**, chef de clinique à la Faculté de médecine de Montpellier pour un travail intitulé : *l'Association médio-cubitale dans les blessures du membre supérieur*, dans lequel il montre que, quand les deux nerfs médian et cubital sont blessés, en même temps, leur lésion simultanée engendre des troubles complexes qui ne sauraient être définis par une addition de symptômes, d'où certains aspects particuliers qu'il a mis en évidence.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PRIX LA CAZE.

(Commissaires : MM. d'Arsonval, Roux, Henneguy, Mangin, Quénu, Widal; Charles Richet, rapporteur.)

Léon Fredericq, professeur émérite à l'Université de Liége et membre de l'Académie royale de Belgique depuis quarante ans, est un des physiologistes les plus éminents de notre époque.

Nous ne pouvons donner ici un résumé, même abrégé, de ses travaux, car ils portent sur presque toutes les parties de la physiologie, et chacun de ces Mémoires constitue une découverte, petite ou grande, mais certaine ; car la précision de ses expérimentations est égale à leur ingéniosité.

Mentionnons seulement la découverte de l'hémocyanine, substance colorante du sang des Crustacés, contenant du cuivre ; l'étude approfondie de l'autotomie; surtout le rôle du faisceau de His dans la contraction musculaire du cœur; des études très approfondies sur la pression artérielle dans ses rapports avec la respiration, la méthode de l'aérotonométrie pour la teneur du sang en gaz, des expériences sur les causes de la coagulation du sang.

Tous ces beaux travaux sont classiques. Et dans tout Traité de Physiologie, le nom de **Léon Fredericq** reparaît justement à maintes reprises. Technique physiologique, physio-pathologie, physiologie comparée, il a étendu sa féconde activité à toutes les branches de la physiologie.

La Commission propose de lui acorder le prix La Caze de physiologie en 1922.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PRIX POURAT.

(Commissaires : MM. d'Arsonval, Roux, Henneguy, Mangin, Charles Richet, Quénu, Widal; Guignard, rapporteur.)

M. **René Wurmser**, préparateur de Physiologie générale à la Faculté des Sciences de Strasbourg, a présenté à l'Académie un Mémoire intitulé : *Recherches sur l'assimilation chlorophyllienne.*

L'assimilation chlorophyllienne est un des phénomènes qui ont le plus attiré l'attention des physiologistes sans que l'on soit parvenu à connaître la réaction chimique qui la détermine. S'il est certain que la présence de la chlorophylle est nécessaire pour la photosynthèse, on est loin d'être fixé sur la façon dont l'acide carbonique est réduit par la lumière. D'autre part, le problème n'est pas simplement, comme on l'a cru jusqu'à une date récente, une question de physique et de chimie pures, car on sait aujourd'hui que le protoplasme joue un rôle actif dans le phénomène.

En abordant à son tour cette étude fort complexe, M. Wurmser commence par rechercher une méthode générale permettant de pénétrer le mécanisme des actions chimiques de la lumière et en particulier de la photosynthèse. Il confirme ensuite l'opinion déjà émise par divers observateurs, que la chlorophylle vivante est à l'état colloïdal dans les plastides qui lui servent de substratum. Ce sont des colloïdes, et non, comme on l'a prétendu, des pigments jaunes ou lipochromes, qui la protègent contre l'action directe des acides et contre l'oxydation par la lumière.

L'auteur est d'avis que l'oxygène dégagé pendant la photosynthèse ne doit pas prendre naissance au contact du pigment vert, sans quoi ce pigment serait rapidement détruit; d'où l'hypothèse que la réduction du gaz CO^2 a lieu dans le protoplasme, vraisemblablement à la périphérie des plastides. Cette réduction se ferait aux dépens d'autres réactions, qui sont probable-

ment des oxydations. Mais sur quel corps la lumière porte-t-elle primitivement son action? C'est là un point qui reste encore inconnu.

En ce qui concerne la relation entre l'absorption de la lumière et le pouvoir assimilateur de la chlorophylle, l'auteur ne la considère pas comme aussi simple ni aussi étroite qu'on l'avait supposé; il admet, en effet, qu'il existe un maximum de susceptibilité photochimique dans une région spectrale, le vert, où la chlorophylle absorbe le moins la lumière.

Au total, M. Wurmser arrive à la conclusion suivante : L'assimilation comprend deux stades : 1° une réaction photochimique au niveau des granules de chlorophylle, ce pigment jouant le rôle de sensibilisateur optique; 2° un système de réactions au cours desquelles le produit formé par la lumière s'oxyde en libérant l'énergie utilisable nécessaire à la réduction du gaz CO^2; ce deuxième stade a lieu au niveau du stroma incolore des plastides. L'auteur rejette ainsi l'hypothèse admise dans ces derniers temps par divers chimistes, d'après laquelle la photosynthèse débute par une combinaison du gaz carbonique avec la chlorophylle.

En étudiant comparativement les Algues rouges, qui possèdent un pigment spécial, la phycoérythrine, surajouté à la chlorophylle, M. Wurmser a mis aussi en évidence le rôle sensibilisateur de cette phycoérythrine dans la photosynthèse et étudié en même temps la teneur en pigments de ces Algues.

Bien que le mécanisme de l'assimilation chlorophyllienne n'ait pas encore livré son secret, l'auteur n'en a pas moins, par des recherches physiques très délicates et des méthodes nouvelles, pénétré plus avant que ses devanciers dans la connaissance de plusieurs des questions qui se rattachent à ce très important phénomène.

La Commission propose, en conséquence, de décerner le prix Pourat à M. **Wurmser**.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PRIX MARTIN-DAMOURETTE.

(Commissaires : MM. d'Arsonval, Roux, Henneguy, Mangin, Charles Richet, Quénu; Widal, rapporteur.)

La Commission propose de décerner le prix à M. **Pierre Abrami**, professeur agrégé à la Faculté de Médecine de Paris, pour ses recherches sur la pathogénie et le traitement du paludisme.

Ces recherches éclairent la signification de l'accès palustre, montrent l'existence dans le paludisme d'une véritable immunité alternante, qui explique la succession des rechutes; elles apportent enfin les règles d'un traitement abortif de la maladie.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PRIX PHILIPEAUX.

(Commissaires : MM. d'Arsonval, Roux, Henneguy, Mangin, Quénu, Widal; Charles Richet, rapporteur.)

Les travaux de M. **Costantino Gorini**, professeur à l'École d'Agriculture de Milan, sont d'une réelle importance pour la physiologie de la fermentation lactique, à l'étude de laquelle, depuis 1892, il s'est laborieusement consacré.

Sans négliger le côté morphologique de la question, M. Gorini s'est attaché surtout à la physiologie des divers ferments lactiques; il a différencié le pouvoir lactosolytique du pouvoir protéolytique de quelques-uns de ces ferments, et il a établi l'existence de ferments protéolytiques (en milieu acide) qui, même dans des conditions physiologiques qui paraissent normales, se retrouvent dans la mamelle des vaches. La constatation d'une protéase sécrétée par ces ferments se fait simplement par la liquéfaction caséolytique du caillot de caséine produit par l'acide lactique formé.

A ces recherches, méthodiquement poursuivies, M. Gorini en a ajouté beaucoup d'autres, très importantes au point de vue de l'hygiène alimentaire des enfants élevés au biberon, sur les conditions de la stérilisation du lait.

Tous ces travaux de M. **Gorini**, publiés dans les *Comptes rendus de l'Acc. dei Lincei*, de notre Académie, du *Reale Istituto Lombardo di Scienze e Lettere*, constituent une contribution de haute valeur à la fermentation du lait et à l'hygiène de l'alimentation lactée. La Commission propose de lui décerner le prix Philipeaux pour 1922.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

STATISTIQUE.

PRIX MONTYON.

(Commissaires : MM. Émile Picard, Appell, Violle, le prince Bonaparte, Tisserand, Lecomte; Émile Borel, rapporteur.)

La Commission propose de décerner le prix à M. **Pierre Richard**, directeur adjoint de la compagnie d'assurances « La Nationale », pour son ouvrage intitulé : *Théorie mathématique des assurances*.

Une première édition de cet ouvrage avait paru, dans l'*Encyclopédie scientifique*, en un volume, sous la signature de MM. P.-J. Richard et E. Petit. La seconde édition a été mise au point par M. Richard seul; il l'a accrue d'un second volume, entièrement nouveau, consacré aux assurances autres que celles sur la vie, qui ont été jusqu'ici à peu près totalement négligées par les auteurs et actuaires français. Il s'agit donc là d'une œuvre absolument personnelle qui marque, dans cette branche spéciale des mathématiques appliquées, un progrès considérable.

En substituant aux procédés purement empiriques suivis jusqu'à lui pour établir les tarifs de certaines assurances très répandues, des méthodes rationnelles qui dérivent de la théorie générale par lui développée, et en résolvant d'une façon complète le problème compliqué que constitue l'assurance complémentaire de l'assurance sur la vie, l'auteur a incontestablement fait faire un pas notable à la technique actuarielle.

Étudiant les bases techniques des assurances sociales, M. Richard est parvenu à faire voir que chacun des systèmes financiers imaginables peut être représenté par une équation caractéristique, cas particulier d'une même équation fondamentale. La comparaison de ces divers systèmes en est grandement facilitée, et le système d'assurances individuelles, précédemment envisagé, n'apparaît plus dès lors que comme un cas particulier très simple.

Tous les développements que comportent cette nouvelle théorie et les applications qui en sont immédiatement faites par l'auteur aux divers types nouveaux d'assurances usuelles portent témoignage d'un véritable talent

mathématique et font réaliser à la pratique actuarielle un progrès des plus sensibles.

Dans ces conditions il a paru à la Commission que l'ouvrage de M. **Richard** était digne de recevoir le prix Montyon de Statistique.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

HISTOIRE ET PHILOSOPHIE DES SCIENCES.

PRIX BINOUX.

(Commissaires : MM. Boussinesq, Appell, Bouvier, Bigourdan, De Launay, Daniel Berthelot; Émile Picard, rapporteur.)

La Commission propose de décerner le prix à M. **Gino Loria**, professeur de Géométrie supérieure à l'Université Royale de Gênes, pour ses ouvrages sur l'histoire des sciences.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

MÉDAILLES.

MÉDAILLE BERTHELOT.

(Commissaires : MM. Bertin, Haller, Émile Picard; A. Lacroix, rapporteur.)

La médaille Berthelot est décernée à :

Feu **Charles Boulin**, lauréat du prix Montyon des arts insalubres;
MM. **Marcel Godchot** et **Marc Bridel**, lauréats du prix Jecker;
M. **Paul Thiébaud Muller**, lauréat du prix L. La Caze de chimie;
M. **René Dubrisay**, lauréat du prix Houzeau.

PRIX ALHUMBERT

(Commissaires : MM. Guignard, Bouvier, A. Lacroix, Le Chatelier, de Gramont, Joubin ; Wallerant, rapporteur.)

Les recherches de M. **Charles Mauguin**, maître de conférences à la Faculté des sciences de Paris, ont porté sur la structure cristalline et sur les liquides cristalisés, mais les premières sont en cours et je ne parlerai que des secondes. On sait que ces liquides ont donné naissance à de nombreuses discussions, les uns les considérant comme cristallisés, les autres leur refusant toute analogie avec les cristaux. M. Mauguin a montré que les objections reposaient sur des observations mal faites et que l'on devait examiner ces liquides entre des lames de verre rigoureusement propres. Celles-ci exercent alors une action d'orientation et le liquide au lieu d'être trouble devient absolument homogène et transparent. En outre dans le cas de l'azoxyphénétol, une pellicule de molécule reste adhérente au verre, et cette pellicule joue de la propriété remarquable d'orienter le liquide biréfringent, si donc on soulève la lamelle de verre, la couche liquide augmente d'épaisseur sans changer d'orientation ; bien plus, si l'on fait tourner l'une des lamelles autour de la normale, on obtient un liquide à structure helicoïdale.

Mais ces liquides sont également orientés par un champ magnétique et dans ce cas, l'axe optique se place parallèlement aux lignes de forces et M. Mauguin a constaté le fait suivant très remarquable que, quand le liquide est polymorphe, l'un des états pouvait être orienté par le champ magnétique sans que l'autre le soit.

A un autre point de vue, M. Mauguin a été amené à distinguer deux catégories de liquide cristallisé, les uns étant le siège d'un mouvement brownien qui n'existe pas chez les autres. Si l'on observe entre cette lumière polarisée une lame orientée des premiers, on constate qu'au lieu d'être complètement éteinte, elle présente un pointillé de petites taches, les unes noires, les autres blanches, animées d'un fourmillement rapide et incessant ; ce phénomène s'explique très facilement : les éléments uniaxes par suite du mouvement brownien s'agitent et leur axe prend momentanément une orientation oblique sur la lame et laissent alors passer la lumière.

Tels sont trop rapidement résumés les principaux résultats établis par M. Mauguin, trop résumé même pour que l'on puisse se rendre un compte exacte de leur importance.

La Commission propose de décerner le prix Alhumbert à M. **Charles Mauguin.**

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PRIX BORDIN.

(Commissaires : MM. Guignard, Roux, Haller, A. Lacroix, Douvillé, Mangin; Costantin, rapporteur.)

La question posée pour le concours de 1922 était la suivante : *De la tubérisation d'origine cryptogamique.*

Le travail que M. **Joseph Magrou**, chef de laboratoire à l'Institut Pasteur, a publié sous le titre *Symbiose et tubérisation*, donne une solution du problème envisagé par l'Académie. Il montre expérimentalement que la tubérisation de la Pomme de terre est en étroite connexion avec les Champignons qu'hébergent les plus fines racines. L'auteur établit, en outre, que c'est un résultat général pouvant s'appliquer à la formation des tubercules d'une Légumineuse, l'*Orobus tuberosus*, et des rhizomes d'une Euphorbiacée vivace, le *Mercurialis perennis*. Il met ainsi en évidence un facteur important présidant à la différenciation des espèces annuelles et vivaces. La Commission propose d'accorder le prix Bordin à M. **Joseph Magrou.**

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PRIX LALLEMAND.

(Commissaires : MM. d'Arsonval, Bouvier, Marchal, Charles Richet, Joubin, Mesnil; Henneguy, rapporteur.)

M. **Paul Wintrebert**, chef des travaux d'anatomie comparée à la Faculté des Sciences de Paris, poursuit depuis une vingtaine d'années de très intéressantes recherches sur l'apparition de la sensibilité et du mouvement chez les embryons des Vertébrés. Après avoir montré antérieurement que l'ectoderme de la plupart des Amphibiens possède à une période bien définie, chez les jeunes têtards, la propriété de recevoir et de conduire une excitation sans le secours des nerfs, il a découvert, chez les embryons de Sélaciens, un « mouvement sans nerfs » appartenant aux muscles du squelette et rythmés comme le battement du cœur des Métazoaires. Les deux bandes

musculaires longitudinales qui, sur le corps de l'animal, sont situées de part et d'autre de la corde dorsale, présentent, chacune, une contraction aneurale, rythmée et indépendante. Elles sont constituées par une chaîne de myotomes placés bout à bout, mais, au point de vue physiologique, tous les myotomes d'une série latérale fonctionnent d'une manière autonome, comme un muscle unique. Les deux muscles, droit et gauche, n'ont pas tout à fait le même rythme, de sorte que les mouvements d'ensemble de l'embryon paraissent, au premier abord, irréguliers, désordonnés; la périodicité régulière des contractions n'est révélée que si l'on enregistre séparément les mouvements de chaque bande latérale. Ces mouvements persistent lorsqu'on détruit le système nerveux central.

En milieu constant, la durée des révolutions d'une chaîne myotomique est égale; mais, comme chacune des chaînes bat avec un rythme propre, celle qui a la révolution la plus courte exécute son mouvement avec une avance de progression sur le mouvement de l'autre. Il en résulte une série cyclique de combinaisons motrices bilatérales dont le retour est à ce point régulier qu'il peut être prévu.

Le renouvellement rythmé doit être considéré comme la manifestation la plus caractéristique du mouvement aneural. Le second caractère de ce mouvement est son allure invariable; mais celle-ci n'existe que pour une époque donnée de l'ontogenèse, car, à mesure que l'âge avance, l'amplitude du mouvement s'accroît. L'intensité du déplacement et l'étendue de l'onde propagée peuvent être définies pour chaque stade du développement avec la plus grande précision.

L'exploration des différentes régions de l'embryon donne des renseignements importants sur l'état des nerfs et des muscles. Ces derniers sont d'abord seuls irritables; ils présentent à la fois une contraction et une conduction propres aneurales; l'excitation de la contraction « initiale » est transmise à tous les myotomes actifs avant que ne soit réalisée la vague de contraction. Le myotome « initiateur » n'est pas toujours le même; le point de départ de la contraction recule avec l'âge d'avant en arrière. Il semble donc qu'il y ait, dans le cours de la différenciation des myotomes, un moment où leur excitabilité se trouve portée au maximum, et l'on s'explique ainsi qu'ils prennent successivement d'avant en arrière, c'est-à-dire dans l'ordre de leur développement, l'initiative de la contraction.

Il résulte des recherches de M. Wintrebert que les embryons présentent, dans leur activité, une suite d'étapes qui correspondent aux divers degrés de leur croissance et de leur différenciation. On peut distinguer dans le

développement trois périodes fonctionnelles : une première *aneurale*; une seconde *neuro-aneurale*, où le fonctionnement d'un même appareil résulte de l'association des deux modes d'activité aneural et nerveux; une troisième *nerveuse* qui ne comprend pas seulement l'ébauche du système nerveux de l'adulte, mais encore la formation d'appareils transitoires qui ont un fonctionnement passager. Il existe donc une physiologie spéciale des embryons, très différente de la physiologie des adultes. L'époque embryonnaire ne montre pas seulement l'ébauche des fonctions définitives, mais aussi une série de fonctionnements transitoires en rapport avec les états successifs de la différenciation; les fonctionnements adéquats à des structures bien définies sont eux-mêmes caractérisés d'une étape déterminée de l'ontogenèse.

Les physiologistes admettent généralement que l'activité nerveuse conditionne toutes les fonctions de l'être vivant. En réalité le système nerveux n'est qu'un des appareils de l'organisme. Le développement de l'embryon est parfois très avancé quand il entre en action, et son activité, tardive, se superpose à des fonctionnements déjà existants. Plus tard, cette activité reste subordonnée aux corrélations humorales qui dominent non seulement les processus de morphogenèse, mais également toutes les manifestations fonctionnelles.

Dans toutes ses recherches, qui ont porté sur des embryons de petites dimensions et très délicats, M. **Wintrebert** a fait preuve d'une grande habilité technique, et il s'est montré un expérimentateur des plus ingénieux. Ses découvertes sont très importantes pour la connaissance de la physiologie de l'embryon et les déductions qu'il en a tirées présentent le plus grand intérêt au point de vue de la biologie générale.

La Commission à l'unanimité propose de lui décerner le prix.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PRIX VAILLANT.

(Commissaires : MM. Guignard, Bouvier, Le Chatelier, Termier, Moureu, Joubin; A. Lacroix, rapporteur.)

La Commission propose de décerner le prix à M. **Wladimir Vernadsky**, membre de l'Académie des sciences de Pétrograd, pour l'ensemble de ses travaux de chimie minéralogique.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PRIX HOULLEVIGUE

(Commissaires : MM. Boussinesq, Appell, Violle, Deslandres, Bigourdan, Lecornu; Émile Picard, rapporteur.)

La Commission propose de décerner le prix à M. **Rodolphe Soreau**, professeur au Conservatoire national des arts et métiers, pour ses travaux sur l'aviation et son ouvrage intitulé : *Nomographie ou traité des abaques*.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PRIX SAINTOUR.

(Commissaires : MM. Guignard, Roux, Bouvier, A. Lacroix, Termier, Marchal; Mesnil, rapporteur.)

L'œuvre scientifique de M. **Serge Metalnikoff**, ex-professeur de zoologie à l'École supérieure des femmes de Petrograd, commencée il y a vingt-cinq ans, et poursuivie sans arrêt tant en Russie que dans les laboratoires français, a fourni à la zoologie et à l'immunologie nombre de faits intéressants, dont nous énumérerons les plus importants :

1° Organes excréteurs et phagocytaires des Invertébrés : découverte, chez les Ascarides, de quatre cellules géantes dont les ramifications portent des boules cytoplasmiques spécialisées pour l'englobement des bactéries et corps inertes; genèse et rôle phagocytaire des urnes des Siponcles.

2° Physiologie des Infusoires : *a*. Digestion intracellulaire : particularités de formation des vacuoles digestives, dans lesquelles se succèdent une réaction acide, puis alcaline; mode de circulation de ces vacuoles; choix de la nourriture; accoutumance à éviter les substances indigestes. — *b*. Cycle de paramécies poursuivi pendant 15 ans sans conjugaisons.

3° Digestion et immunité chez la chenille de la mite des abeilles (*Galleria mellonella*); destruction des bacilles tuberculeux ingérés ou inoculés dans la cavité du corps. Sensibilité à divers microbes; rapidité extrême de l'immunisation; caractères de l'immunité acquise. Épizooties de ces chenilles.

4° Production d'autospermotoxines dans les humeurs des animaux inoculés avec leurs propres spermatozoïdes. L'extrait d'épididyme neutralise ces spermotoxines ainsi que d'autres poisons : cocaïne, etc.

Formation d'hémolysines chez les rats par *ingestion* d'hématies.

Production d'un sérum anticardiaque qui agit sur le cœur isolé du lapin.

Votre Commission, à l'unanimité, vous propose de récompenser ce labeur fructueux, que rien n'a pu décourager, en décernant à M. **Serge Métalnikoff** le prix Saintour.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PRIX H. DE PARVILLE.

(Ouvrages de sciences.)

(Commissaires : MM. Bertin, Émile Picard, A. Lacroix, Appell, Moureu, Paul Janet; Haller et Guignard, rapporteurs.)

La Commission propose de décerner un prix de 2000^{fr} à M. **Robert Lespieau**, professeur à la Faculté des sciences de Paris, pour son ouvrage intitulé : *La molécule chimique*.

Un prix de 500^{fr} à M. **Léon Toraude**, docteur en pharmacie, pour l'ensemble de ses publications historiques et, en particulier, pour son ouvrage intitulé : *Bernard Courtois et la découverte de l'iode*.

Rapport de M. Haller *sur l'Ouvrage* de *M.* **Robert Lespieau**.

La Commission du Prix de Parville attribue à M. **Robert Lespieau**, professeur à la Faculté des Sciences de Paris, une somme de deux mille francs pour l'intéressant volume intitulé « La molécule chimique » où l'auteur, tout en exposant lois et hypothèses qui ont contribué à asseoir la science chimique, s'attache à montrer, par un examen approfondi des textes de Dalton, que les études chimiques proprement dites suffisent, à elles seules, pour établir l'intérêt considérable de l'hypothèse atomique sans avoir besoin, pour cela, des théories physiques. Cela n'empêche pas l'auteur d'insister sur l'intérêt qu'il y a à introduire en chimie les mesures physiques.

Rapport de M. Guignard *sur les travaux de M.* **Léon Toraude**.

La Commission a tenu à récompenser aussi un ensemble de publications historiques fort intéressantes, dues à M. **Léon Toraude**, et en particulier

son récent ouvrage intitulé « Bernard Courtois et la découverte de l'iode ».

Docteur en pharmacie, membre de la Société des gens de lettres, directeur ou collaborateur de différentes Revues, M. Toraude s'est distingué par le talent et la souplesse avec lesquels il a su traiter les sujets les plus divers, dont la plupart appartiennent au domaine des sciences médicales et pharmaceutiques.

Nous devons nous contenter de citer quelques-uns de ses ouvrages, et notamment son « Étude scientifique et critique sur la lignée des Cadet », embrassant une période qui va de 1695 à 1900; son « Étude historique, scientifique et critique sur la vie et les œuvres de Demachy », démonstrateur au Collège de Pharmacie et censeur royal; ses Notes sur la Pharmacie en Lorraine, sur la « Pharmacie devant la Science », sur « la vie et l'œuvre de Zackarias Roussin », sur « Parmentier et son œuvre », et tant d'autres hommes de science. Mais, c'est surtout sa belle étude sur Bernard Courtois qui devait retenir l'attention. Tout en retraçant, avec l'élégance de style dont il est coutumier, la vie pénible et laborieuse du génial salpêtrier, M. Toraude, donnant à son œuvre une portée philosophique des plus élevées, nous fait assister à l'évolution des sciences chimiques au XVIIIe siècle, et nous décrit, dans des pages mouvementées et pleines d'intérêt, l'industrie du salpêtre naturel, celle des cendres de varech et les conséquences scientifiques de la découverte de l'iode.

Cette étude historisque, non moins remarquable par l'exposition que par l'abondance et la précision de la documentation, était digne d'une récompense. La Commission a été unanime à décerner à M. **Toraude** le titre de lauréat de l'Académie.

L'Académie adopte les propositions de la Commission.

PRIX LONCHAMPT

(Commissaires: MM. Guignard, Roux, A. Lacroix, Mangin, Charles Richet, Leclainche; L. Maquenne, rapporteur.)

Les travaux de M. l'abbé **Henri Colin**, professeur adjoint à l'Institut catholique de Paris, portent tous sur la physiologie végétale, au point de vue de l'influence qu'exercent certaines matières minérales sur le développement des plantes et la transformation de leurs principes immédiats hydrolysables, comme aussi de la production et de l'accumulation de ces

mêmes principes dans les organes de réserve. Tous sont également remarquables par le choix des méthodes employées et la netteté de leurs conclusions.

Dès 1909 nous le voyons, à l'exemple de Raulin, rechercher la composition d'un milieu artificiel propre au développement du *Botrytis cinerea;* il montre que la présence du magnésium y est nécessaire et que le calcium est incapable de produire les mêmes effets.

En collaboration avec Rufz de Lavison, l'abbé Colin étudie l'absorption par les végétaux de quelques sels nocifs; il reconnaît que le baryum, arrêté par les racines, ne pénètre qu'en très faible quantité dans les tiges, alors que le strontium et le calcium y circulent aisément. La résistance du *Botrytis* du raisin au cuivre est très inférieure à celle du *Penicillium glaucum* et même à celle de l'*Aspergillus niger;* elle dépend d'ailleurs de la composition du milieu et le métal est assez énergiquement retenu par la moisissure pour qu'il soit impossible de l'extraire de son mycélium frais par la seule action de l'eau.

Plus tard, M. Colin s'occupe de l'influence oxydante qu'exercent les sels de fer sur certains composés organiques existant chez les végétaux, principalement ceux qui possèdent une fonction de phénol; il résulte de cette recherche que, au moins dans le cas du raifort, le fer au maximum ne joue aucun rôle dans les phénomènes d'oxydation causés par les peroxydases, parce qu'il se trouve immédiatement dissimulé dans les tissus de la plante.

M. Colin a enfin étudié, dans une série de travaux des plus importants, la genèse des hydrates de carbone complexes et leur accumulation dans les réserves souterraines, en particulier chez la betterave et les plantes à inuline. Ses conclusions sont que ces hydrates de carbone prennent naissance au moment de leur passage à travers le collet de la plante; la réaction est d'ailleurs réversible, le polyose s'hydrolysant quand il remonte de la racine vers la tige. Ce sont là des phénomènes sur lesquels on possédait déjà des indications, mais qui, jamais, n'avaient encore reçu la consécration d'un examen aussi rigoureux.

Au cours de ce long travail, M. Colin a observé un grand nombre de faits nouveaux, que nous ne pouvons exposer ici en détail; citons seulement ses recherches sur la distribution de la sucrase dans les tissus de la betterave, sur l'hydrolyse diastasique de l'inuline et de ses satellites, en commun avec Mlle Chaudun sur les lois de l'action des diastases hydrolysantes, sur l'influence des sels neutres dans l'inversion du sucre par les acides ou par la sucrase, celle, jusqu'alors méconnue, de la viscosité du milieu dans lequel

s'effectue l'hydrolyse, sur l'application de la loi d'hydrolyse à la détermination des poids moléculaires, sur la migration dans les plantes greffées, etc. Citons enfin quelques recherches de moindre portée, mais encore dignes d'attention, sur le pigment pyocyanique, sur le rôle des sucres dans la fermentation ammoniacale de l'urée et des matières azotées complexes, enfin sur la stérilisation de l'eau par l'acide carbonique sous pression, que l'auteur montre n'agir efficacement que sur les espèces bactériennes asporogènes.

Tous ces travaux, dans lesquels l'auteur témoigne de son désir constant d'atteindre la plus rigoureuse exactitude, comportent des conclusions qui paraissent autant de points définitivement acquis à la science et dont certaines présentent un haut intérêt; c'est pourquoi la Commission du prix Lonchampt propose d'attribuer ce prix pour l'année 1922 à M. l'abbé **Henri Colin**.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PRIX HENRY WILDE.

(Commissaires : MM. Émile Picard, Guignard, Violle, Bigourdan, Kœnigs, Borel; A. Lacroix, rapporteur.)

La Commission propose de décerner le prix à M. **Carl Benedicks**, directeur de l'Institut métallographique de Stockholm pour l'ensemble de son œuvre scientifique et en particulier pour son ouvrage intitulé : *The homogeneous electro-thermic effect*.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PRIX CAMÉRE.

(Commissaires : MM. Vieille, Le Chatelier, Lecornu, Kœnigs, Rateau, d'Ocagne; Mesnager, rapporteur.)

M. **Jules Bied**, ancien élève de l'École polytechnique, s'est occupé depuis longtemps d'études concernant la fabrication des produits hydrauliques. Il a notamment amélioré considérablement la fabrication des chaux hydrauliques. Les expériences de laboratoire lui ayant montré qu'en élevant la température de cuisson il augmentait la résistance initiale et la

rapidité de durcissement, il a introduit dans les usines du Teil la cuisson au four à gaz. Il y a ajouté l'extinction méthodique dans un cylindre rotatif par la vapeur d'eau à une température suffisante pour éviter toute altération des produits actifs sans cesser de faire disparaître par hydratation les produits expansifs. La chaux ainsi préparée, connue sous le nom de chaux *maritime*, a permis des progrès considérables en construction.

Mais le résultat le plus remarquable de ses recherches est la découverte du ciment fondu de bauxite, produit indécomposable par l'eau de mer et les eaux sulfatées. Le nouveau ciment composé en presque totalité d'aluminate monocalcique de chaux est caractérisé :

1° Par une prise lente, qui permet de le mettre en œuvre sans difficulté, dans les conditions des autres ciments ;

2° Par un durcissement rapide qui donne en trois jours au béton la résistance qu'il acquérait en un mois et demi avec les anciens ciments, ce qui procure des facilités considérables pour l'exécution des travaux.

Ce produit nouveau révolutionne complètement la construction en béton armé, celle des ports et permet de faire des maçonneries durables en terrain gypseux.

L'invention en question justifie pleinement l'attribution du prix Caméré.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PRIX VICTOR RAULIN.

MÉTÉOROLOGIE ET PHYSIQUE DU GLOBE.

(Commissaires : MM. Violle, Deslandres, Bigourdan, Hamy, Puiseux; Lallemand et Bourgeois, rapporteurs.)

La Commission propose de décerner :

Un prix de 1000fr à MM. **Philippe Schereschewsky**, répétiteur de physique à l'École polytechnique, et **Philippe Wehrlé**, chef de la section des avertissements à l'Office national météorologique, pour leur mémoire intitulé : *Les systèmes nuageux*.

Un prix de 500fr à M. **Augustin Boutaric**, professeur à la Faculté des sciences de Dijon, pour ses travaux sur l'intensité du rayonnement solaire.

Rapport de M. le Général Bourgeois, *sur le Mémoire de MM.* **Philippe Schereschewsky** *et* **Philippe Wehrlé**, *intitulé : « Les systèmes nuageux ».*

Le Mémoire présenté par MM. **Ph. Schereschewsky** et **Ph. Wehrlé** et intitulé : « Les systèmes nuageux » expose un concept nouveau de météorologie dynamique et ses propriétés principales.

M. Schereschewsky, répétiteur de Physique à l'École polytechnique, a été chef du Service météorologique aux Armées; M. Wehrlé, auparavant chargé de la prévision du temps au Service météorologique militaire, dirige maintenant le Service des avertissements de l'Office national météorologique. Poursuivant des recherches sur les noyaux de variations de pression et sur les systèmes nuageux, ils ont déjà, isolément ou en collaboration, présenté à ce sujet diverses Communications à l'Académie des Sciences.

Jusqu'à une époque récente les météorologistes n'avaient étudié les nuages qu'au point de vue de leur forme et de leur altitude, et toujours en temps qu'*individus isolés*. Quant à la solidarité de ces individus elle n'avait été envisagée que dans *le temps :* on avait recherché (G. Guilbert) dans quel ordre les formes nuageuses se succèdent en un même lieu. L'étude des nuages se trouvait sans conteste très en retard sur celle de la pression atmosphérique, qui avait fait un progrès considérable vers le milieu du XIX[e] siècle lorsqu'on substitua l'étude synoptique des pressions régnant à un même instant sur une vaste étendue à l'observation des mouvements du baromètre à un même point. Rien de semblable n'avait été fait pour les nuages. Tout au plus s'était-on préoccupé de trouver une relation entre certains aspects du ciel, sans distinction de nature des nuages, et les secteurs de dépression; ces travaux généralement orientés dans la voie de la statistique n'avaient d'ailleurs conduit à aucun résultat positif. Le concept de système nuageux n'a pu être créé qu'en renonçant à subordonner ainsi *a priori* l'étude des nuages à celle des isobares et en lui donnant un développement propre comme on l'avait fait avec succès pour la pression, c'est-à-dire en entreprenant l'étude synoptique dans *l'espace*, sur une vaste étendue, des masses nuageuses. De même que l'étude synoptique de la pression avait conduit à envisager des individus isobariques, dépressions et anticyclones, de même l'étude synoptique des nuages a conduit à découvrir des groupements durables de masses nuageuses, constituant eux aussi de véritables

individus, qu'on voit naître, se développer et mourir, les systèmes nuageux.

Le Mémoire décrit l'organisation des formes nuageuses classiques dans ces ensembles, synthétise les traits généraux de leur structure, et distingue trois types principaux de systèmes nuageux (dépressionnaires, d'altocumulus, et orageux). Il expose les relations du concept nouveau avec les autres concepts de la Météorologie dynamique. Enfin, il résume ses premières applications.

Les rapports des systèmes nuageux avec les individus isobariques sont beaucoup moins simples que ne l'avaient escompté les anciens météorologistes. En fait, ce n'est pas aux dépressions que les systèmes nuageux sont liés, mais, et le rapport est très étroit, à des individus météorologiques différents, dont l'étude systématique n'a été entreprise que récemment par M. Nils Eckholm en Suède, et par MM. Delcambre, Schereschewsky et Wehrlé en France, les *noyaux de variation de pression*, eux-mêmes en correspondance directe avec *les lignes de discontinuité* de M. V. Bjerkness.

Le mouvement d'ensemble d'un système nuageux est lié au courant général actuel de l'atmosphère aux altitudes moyennes. Une telle relation n'a pu être mise en évidence que grâce à la multiplication des postes de sondage et à la création d'une méthode nouvelle de mesure des mouvements de l'atmosphère par temps couvert (sondage par le son).

Le Mémoire montre aussi que les systèmes nuageux voisins dans le temps ou dans l'espace ne sont généralement pas indépendants et forment des « régimes » dont les individus jouissent de propriétés communes. Ce groupement d'ordre supérieur, le *régime* est en relations avec l'important concept étudié par Teisserenc de Bort sous le nom *de type de temps*.

Les applications immédiates tant théoriques que pratiques du concept de système nuageux sont très intéressantes, notamment en ce qui concerne une classification rationnelle des nuages d'après leurs fonctions, et la prévision du temps au point de vue de l'état du ciel.

Le concept de système nuageux et les résultats déjà obtenus dans son étude continuent heureusement les travaux de Teisserenc de Bort tant sur les nuages que sur la haute atmosphère, et maintiennent ainsi l'orientation des recherches météorologiques dans un sens que l'Académie des Sciences a toujours encouragé. Il convient de rapprocher cette synthèse d'observations des vues théoriques de M. V. Bjerkness et de son école sur les relations des nuages avec la distribution des températures dans l'atmosphère. L'ensemble constitue une image encore sommaire mais déjà précieuse de la structure générale de l'atmosphère.

Rapport de M. Ch. Lallemand, *sur l'ensemble des travaux de M.* **Augustin Boutaric.**

M. **Boutaric**, professeur à la Faculté des sciences de l'Université de Dijon, a établi une relation entre l'intensité du rayonnement solaire reçu à la surface du sol et la polarisation de la lumière diffusée par le ciel. Cette relation permet, en une station déterminée, de prévoir, dans la plupart des cas, d'après une simple observation polarimétrique, quelle sera l'intensité du rayonnement solaire aux diverses heures de la journée.

D'autre part, à la suite de nombreuses mesures du rayonnement nocturne, M. Boutaric a mis en évidence le rôle que jouent, dans ce phénomène, la température de l'air et la vapeur d'eau. A cet égard, il a créé une théorie qui donne l'ordre de grandeur et les variations de ce rayonnement, quand on connaît, au voisinage du sol, la température de l'air et la pression de la vapeur d'eau. De cette théorie, il résulte, en particulier, que le rayonnement n'est pas exceptionnellement intense aux altitudes élevées; cette conclusion est d'ailleurs en accord avec les mesures faites par M. Boutaric, à Montpellier de 1912 à 1919, au Pic du Midi dans l'été de 1919 et au Mont Blanc dans l'été de 1921.

Vu l'intérêt de ces recherches et de ces travaux, pour la physique du globe, la Commission propose d'attribuer à M. **Boutaric** une somme de 500fr prélevée sur le montant du prix Victor Raulin.

L'Académie adopte les propositions de la Commission.

PRIX GUSTAVE ROUX.

(Commissaires : MM. Bertin, Haller, Émile Picard, Appell, Guignard ; A. Lacroix, rapporteur.)

Le prix Gustave Roux est destiné à récompenser « un jeune savant français dont les travaux auront paru remarquables à l'Académie ».

Ces conditions sont parfaitement réalisées par M. l'abbé **Pierre Teilhard de Chardin**, maître de conférences à l'Institut catholique de Paris, qui vient de passer brillamment à la Faculté des sciences de Paris une thèse de doctorat, résultat de recherches effectuées pendant plusieurs années sur le terrain et dans le laboratoire de Paléontologie du Muséum. L'auteur s'est proposé de faire une étude des Mammifères de l'Éocène inférieur

français et de leurs gisements : il l'a menée à bien en prenant pour base la faune de Cernay près Epernay, la plus ancienne de l'Europe. Une vue d'ensemble sur les Mammifères de l'Éocène inférieur en général montre que les aperçus synthétiques sont aussi familiers à ce paléontologiste que les minutieux travaux d'analyse.

Il n'est pas indifférent de signaler que l'achèvement de cette thèse a été longuement retardé par la grande guerre, au cours de laquelle M. **Teilhard de Chardin** s'est vaillamment conduit sur les champs de bataille, ainsi qu'en témoignent la médaille militaire et la croix de chevalier de la Légion d'honneur qui accompagnent sa croix de guerre.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PRIX THORLET.

(Commissaires : MM. Bertin, Haller, Émile Picard, Appell, Guignard; A. Lacroix, rapporteur.)

La Commission propose de décerner le prix Thorlet à M. **Adolphe Richard**, ex-répétiteur à l'École centrale des arts et manufactures.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

FONDATIONS SPÉCIALES.

FONDATION LANNELONGUE.

(Commissaires : MM. Bertin, Haller, Émile Picard, Appell, Guignard; A. Lacroix, rapporteur.)

La Commission propose de partager les arrérages de la fondation entre Mmes **Cusco** et **Rück**.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PRIX DES GRANDES ÉCOLES.

PRIX LAPLACE.

Le prix est décerné à M. **Louis-Marcel Massenet**, né à Bayonne, Basses-Pyrénées, le 4 novembre 1895, sorti en 1922 de l'École polytechnique, avec le n° 1, dans la promotion spéciale 1919.

Les ressources de la fondation ne permettant plus de donner au lauréat un exemplaire des Œuvres de Laplace, une médaille portant l'inscription de son nom et de l'attribution du prix lui sera remise.

La médaille est également accordée aux huit élèves dont les noms suivent, qui sont sortis de l'École polytechnique, avec le n° 1, depuis la fin de la guerre, dans diverses promotions surnuméraires et auxquels le prix n'avait pu jusqu'ici être attribué :

M. **Jean-François-Georges-René Vigier**, né à Salles-d'Angles, canton de Ségonzac, Charente, le 5 novembre 1898, de la promotion 1916, sortie en 1919;

M. **Jean-Louis-Paul Damian**, né à Nîmes, le 27 janvier 1899, de la promotion 1917, sortie en 1919;

M. **Edmond Friedel**, né à Nancy, le 3 août 1895, de la promotion 1914 A, sortie en 1920;

M. **Léon Migaux**, né à Gennevilliers, Seine, le 15 octobre 1897, de la promotion 1916-17, sortie en 1920;

M. **René-François-Joseph Roy**, né à Paris, le 21 mai 1894, de la promotion 1918, sortie en 1920;

M. **Jacques-Félix Thibault**, né à Nevers, le 8 juillet 1900, de la promotion 1919, sortie en 1921;

M. **André-Marcel Lévêque**, né à Beauvais, Oise, le 23 octobre 1896, de la promotion 1919 spéciale A, sortie en 1921;

M. **Louis-Edmond-Séraphin Charvet**, né à Chambéry, le 22 octobre 1901, de la promotion 1920 B, sortie en 1922.

PRIX L.-E. RIVOT.

Le prix est partagé ainsi qu'il suit entre les quatre élèves sortis, en 1922, de l'École polytechnique, avec les n°s 1 et 2 dans les corps des mines et des ponts et chaussées :

M. **Louis-Marcel Massenet**, sorti premier dans le corps des mines (promotion 1920 A), reçoit 750^fr^;

M. **Louis-Edmond-Séraphin Charvet**, sorti premier dans le corps des mines (promotion 1920 B), reçoit 500^fr^;

M. **Jacques-Alexandre Morane**, sorti premier dans le corps des ponts et chaussées (promotion 1920 B), reçoit 750^fr^;

M. **Alexandre-Georges-Louis Delattre**, sorti premier dans le corps des ponts et chaussées (promotion 1920 A), reçoit 500^fr^.

Le prix est également accordé, *à titre honorifique*, aux vingt-huit élèves dont les noms suivent, qui sont sortis de l'École polytechnique, avec les n°s 1 et 2, dans les corps des mines et des ponts et chaussées, depuis la fin de la guerre, dans diverses promotions surnuméraires, et auxquels les ressources de la fondation ne permettent pas d'attribuer le prix ordinaire :

MM. **Pierre-Marie-Jean Ailleret**, **Noel-Joseph-Eugène Bachet**, **Gaston Bedaux**, **Charles Boyaux**, **Georges-Jean-Gustave-Jules-Joseph Brun**, **André Cholin**, **Jean-Paul-Louis Damian**, **Jean-Émile-Philippe Dargeou**, **Gratien-Justin Ducoussot**, **Henri Lafond**, **Raymond Lazard**, **André-Alphonse Lesbre**, **André-Marcel Lévêque**, **Louis-Alexandre Lévy**, **Marie-Victor-Raoul de Metz**, **Étienne-Paul Morel**, **Paul-Auguste Nebout**, **Pierre-Marie-Delphin Ollivier**, **Louis-Bazile-Jean Pauzat**, **Eugène-Paul-Antoine-Jacques Raguin**, **René-François-Joseph Roy**, **Pierre Samson**, **Léon-Émile-Aloys Sthal**, **Jacques-Félix Thibault**, **Roger-Auguste Thouard**, **Jean-François-Georges-René Vigier**, **Henri Weil**, **Marcel-Paul-Albert Widmer**.

FONDS DE RECHERCHES SCIENTIFIQUES.

FONDATION TRÉMONT.

(Commissaires : MM. Bertin, Haller, A. Lacroix, Appell, Guignard; Émile Picard, rapporteur.)

La Commission propose d'attribuer en prix les arrérages de la fondation à M. **Clément Codron**, professeur à l'Institut industriel du Nord, pour son ouvrage intitulé : *Le sciage des métaux*.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

FONDATION GEGNER.

(Commissaires : MM. Bertin, Haller, A. Lacroix, Appell, Guignard; Émile Picard, rapporteur.)

La Commission propose d'attribuer un prix de deux mille francs à M. **Jules Geffroy**, professeur à l'École centrale des arts et manufactures, pour ses travaux de cinématique appliquée et particulièrement pour leurs applications à la détermination du profil des dents d'engrenages.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

FONDATION JÉROME PONTI.

(Commissaires : MM. Boussinesq, Appell, Bigourdan, Villard, Lecornu, Kœnigs; Émile Picard, rapporteur.)

M. **Pierre Mahler**, ingénieur civil des mines, a publié de nombreux travaux scientifiques, se rapportant, pour la plupart, à l'étude et à l'emploi des divers combustibles. L'obus calorimétrique, qu'on lui doit, est employé dans le monde entier; la mise au point de cet appareil a réellement marqué une date dans l'évolution des applications de la science à l'industrie, en

introduisant dans la pratique courante des mines et des usines des mesures dont tout le monde proclamait l'utilité, mais que l'on regardait comme trop délicates pour être exécutées en dehors des laboratoires spécialisés. L'obus Mahler a d'ailleurs reçu d'autres applications que la détermination des pouvoirs calorifiques; il a permis notamment à son inventeur de simplifier diverses méthodes d'analyse des charbons, des ferro-alliages et des aciers.

En dehors de son invention capitale, M. P. Mahler a publié des études sur l'analyse des combustibles, sur le grillage de la blende, sur le bilan calorifique de la distillation de la houille, et enfin sur l'oxydation des houilles à l'air. Ces dernières recherches l'ont conduit à des résultats très importants pour la pratique industrielle.

La Commission a été unanime à penser que les beaux travaux de M. **Pierre Mahler** le désignaient pour le prix Jérôme Ponti.

L'Académie adopte les propositions de la Commission.

FONDATION HIRN.

(Commissaires : MM. Bertin, Haller, A. Lacroix, Appell, Guignard; Emile Picard, rapporteur.)

L'Académie ayant, pour la première fois, à attribuer les arrérages de la fondation qu'elle doit à son éminent Correspondant Gustave-Adolphe Hirn, la Commission lui propose de les remettre en prix à l'élève et distingué continuateur du fondateur, M. **Émile Schwoerer**, qui est aussi son Correspondant, pour l'ensemble de ses travaux de mécanique.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

FONDATION HENRI BECQUEREL.

(Commissaires : MM. Bertin, Haller, A. Lacroix, Appell, Guignard; Émile Picard, rapporteur.)

La Commission propose d'attribuer la subvention à M. **André Danjon**, astronome à l'Observatoire de Strasbourg, pour l'application de sa méthode de mesure du diamètre apparent des étoiles.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

FONDS BONAPARTE.

(Commissaires : MM. Bertin, le prince Bonaparte, Émile Picard, Haller, Mangin, de Gramont, Fournier, Kœnigs; A. Lacroix, rapporteur.)

La Commission a eu six demandes à examiner.

Elle propose d'accorder :

1° 5000fr à l'Association lyonnaise pour le développement des recherches de paléontologie humaine et de préhistoire, pour effectuer des fouilles dans le célèbre gisement préhistorique de Solutré.

Les signataires de la demande, MM. Charles Depéret, membre de l'Académie, doyen de la Faculté des Sciences de Lyon, Lucien Mayet, chargé de cours à la même Faculté, F. Arcelin, président de l'Association, se proposent de rechercher si ce gisement renferme, en outre des sépultures d'âge solutréen, des sépultures d'âge aurignacien, question qui est des plus utiles à éclaircir pour la connaissance des hommes quaternaires.

2° 2000fr à M. Charles Le Morvan, astronome adjoint à l'Observatoire de Paris, pour l'achèvement de la publication de la Carte photographique et systématique de la Lune, antérieurement subventionnée par le fonds.

En résumé, les propositions de la Commission comportent l'attribution d'une somme globale de 7000fr.

A la suite de la distribution de 1921, il était resté une disponibilité de 12000fr.

Si les propositions de la Commission sont acceptées, il restera un reliquat de 5000fr qui sera reporté aux années suivantes.

L'Académie adopte les propositions de la Commission et M. le Président, se faisant l'interprète de tous ses confrères, adresse de nouveaux et bien vifs remercîments au prince Bonaparte pour l'appui qu'il apporte à la Science française.

FONDS LOUTREUIL.

(Membres du Conseil : MM. Bertin, Émile Picard, A. Lacroix, Le Chatelier, le prince Bonaparte; Daniel Berthelot, rapporteur.)

L'Académie a reçu 31 demandes de subventions.

Après avis du Comité consultatif de la Fondation, le Conseil a décidé d'accorder les subventions suivantes :

I. *Demandes présentées par les établissements désignés par le fondateur.*

1° *Muséum national d'histoire naturelle.* — 8000fr à M. **Désiré Bois**, professeur au Muséum national d'histoire naturelle, pour la publication des deux premières parties d'un guide relatif aux collections des plantes cultivées au Muséum.

Ces collections sont visitées annuellement par des centaines de milliers de personnes, parmi lesquelles se trouvent un grand nombre d'étudiants et de chercheurs. C'est pour ce public intelligent que M. Bois se propose de publier des catalogues explicatifs faisant connaître pour chaque plante son nom usuel, son nom scientifique, sa patrie d'origine, la famille à laquelle elle appartient, la date de son introduction en Europe ou de sa mise en culture et ses principaux emplois.

Quatre guides de ce genre sont prévus. Les deux premiers sont rédigés : 1° plantes économiques et officinales par M. Guillaumin; 2° plantes ornementales herbacées de plein air par M. Bois.

2° *Conseil central des Observatoires.* — 1000fr à l'**Observatoire national de Besançon**, pour l'acquisition d'un oscillographe Abraham et d'un diapason à 100 vibrations doubles.

Ces instruments permettront de compléter l'installation, suivant la technique actuelle, de la télégraphie sans fil de cet Observatoire, afin de le mettre en mesure de collaborer plus efficacement avec l'ensemble des autres observatoires français à l'œuvre de la détermination de l'heure.

3000fr à M. **Auguste Lebeuf**, directeur de l'Observatoire national de Besançon, pour l'acquisition d'une étuve destinée aux recherches relatives à l'action simultanée de la température et de la pression sur les chronomètres, poche et marine, en vue de l'aviation.

Cette étuve permet d'une part de faire varier la température, par paliers, de 5° en 5°, entre + 40° et − 30°; d'autre part de faire varier la pression, à partir de sa valeur moyenne (735^mm à Besançon), jusqu'aux valeurs les plus basses qui puissent être atteintes dans les ascensions.

3° *Conseil de perfectionnement de l'École polytechnique.* — 6000^fr à M. **Alfred Perot**, professeur à l'École polytechnique, pour la construction d'un appareil destiné à la vérification d'une formule donnée par le physicien russe W. Michelson. Sur le trajet du rayon lumineux qui joint la source à l'observateur, on place, dans la position du minimum de déviation, un prisme qu'on déplace normalement au trajet des rayons à son intérieur. L'épaisseur de verre traversée varie en fonction de la vitesse du prisme, et il en résulte une altération de la longueur d'onde. La vérification de la formule nécessite un dispositif coûteux comprenant une partie tournante pouvant atteindre la vitesse périphérique de 150^m par seconde. L'appareil pourra servir à une nouvelle vérification du principe de Doppler-Fizeau.

4° *École nationale vétérinaire d'Alfort.* — 1600^fr à l'École nationale vétérinaire d'Alfort, qui s'ajouteront à la somme de 8000^fr accordée en 1920 et non utilisée, pour former un total de 9600^fr, ainsi réparti :

5000^fr à MM. **Adrien Panisset**, professeur à l'École nationale vétérinaire d'Alfort, et **Jean Verge**, chef de travaux à l'École nationale vétérinaire d'Alfort, pour des recherches sur la chimiothérapie des maladies infectieuses des animaux domestiques.

2000^fr à MM. **Edouard Bourdelle**, professeur à l'École nationale vétérinaire d'Alfort, et **André Rochon-Duvignaud**, ophtalmologiste de l'hopital Laënnec, pour des recherches sur le globe oculaire et sur la vision chez les animaux.

2000^fr à MM. **Albert Henry**, professeur à l'École nationale vétérinaire d'Alfort, et **Charles Leblois**, chef de travaux à l'École nationale vétérinaire d'Alfort, pour des recherches sur l'étiologie, la pathogénie et le traitement d'affections cutanées parasitaires des animaux domestiques.

600^fr à M. **Gabriel Petit**, professeur à l'École nationale vétérinaire d'Alfort, pour l'achat d'un pantoscope.

5° *École nationale vétérinaire de Lyon.* — 4000^fr à M. **François Maignon**, professeur à l'École nationale vétérinaire de Lyon, pour la conti-

nuation de ses recherches sur l'organozymothérapie et pour une étude de la constitution physico-chimique des diastases et du mécanisme de leur action.

4000fr à M. **Joseph Basset**, professeur à l'École nationale vétérinaire de Lyon, pour l'achat et la nourriture d'animaux d'expérience (moutons et bovins) dont il a besoin pour mettre au point deux méthodes nouvelles d'immunisation qui se rapportent : l'une au charbon bactéridien, l'autre au charbon symptomatique.

2000fr à M. **G. Marotel**, professeur à l'École nationale vétérinaire de Lyon, pour lui permettre de continuer ses recherches sur le traitement de la gale démodécique du chien par une nouvelle méthode : l'héliothérapie et les rayons ultraviolets, ce qui nécessiterait l'achat d'une lampe à vapeur de mercure.

6° *École nationale vétérinaire de Toulouse.* — 2500fr à M. **Charles Besnoit**, directeur de l'École nationale vétérinaire de Toulouse, pour une étude expérimentale des procédés de contention utilisables en chirurgie bovine et pour l'impression d'un catalogue en phototypie en vue de leur vulgarisation.

2000fr à M. **Jean Lafon**, professeur à l'École nationale vétérinaire de Toulouse, pour compléter la subvention de 3000fr accordée précédemment pour l'achat d'un galvanomètre à cordes de Einthoven dont le prix s'élève à environ 5000fr.

1000fr à M. **Charles Hervieux**, professeur à l'École nationale vétérinaire de Toulouse, pour poursuivre ses recherches sur la transformation dans l'organisme animal des groupements pyrroliques contenus dans l'alimentation et l'élimination de ces groupements par les urines.

1000fr à MM. **Charles Besnoit**, directeur de l'École nationale vétérinaire de Toulouse, et **Victor Robin**, chef de travaux à l'École nationale vétérinaire de Toulouse, pour entreprendre une étude des maladies contagieuses des volailles dans la région du Sud-Ouest.

II. *Demandes indépendantes.*

1000fr à M. **Julien Achard**, ancien président de la Société entomologique de France, pour achever sa monographie des coléoptères malgaches de la famille des scaphidéides.

6000^{fr} à l'**Association amicale des élèves de l'École nationale supérieure des Mines**, pour une étude des procédés et des appareils de contrôle de la combustion, notamment en ce qui concerne le dosage de l'acide carbonique dans les fumées.

Cette subvention permettra à M. Lauret, ingénieur civil des Mines, d'entreprendre une étude systématique des méthodes variées employées aujourd'hui dans ce but (analyse directe, mesures de densités, de conductibilités, vitesses d'écoulement à travers des tubes capillaires, etc.), méthodes auxquelles correspondent des appareils nombreux sur la valeur comparative desquels on n'est pas encore bien fixé.

Ces recherches qui présentent un intérêt réel pour la meilleure utilisation des combustibles doivent être exécutées dans les laboratoires de Métallurgie générale de l'École des Mines, placés sous la direction de M. Charpy.

5000^{fr} à l'**École supérieure de perfectionnement industriel**, pour subvenir aux dépenses de cet établissement.

Cette école dans le Conseil de laquelle figurent plusieurs de nos confrères s'est donné pour tâche d'habituer de jeunes ingénieurs aux méthodes scientifiques en leur faisant faire un stage de recherches personnelles dans un laboratoire. Elle a déjà groupé un assez grand nombre d'élèves de provenances diverses : diplômés de l'École centrale, de l'École des Ponts et Chaussées, de l'École de Physique et Chimie, d'Instituts universitaires, etc. Ces recherches de laboratoire sont accompagnées de conférences destinées à donner aux jeunes ingénieurs une conception aussi large que possible de leur rôle.

2000^{fr} à M. **Wilfrid Kilian**, membre de l'Académie des sciences, pour l'aider à continuer la publication de la bibliographie géologique du sud-est de la France.

5000^{fr} à M. **Emmanuel de Margerie**, directeur du Service de la Carte géologique d'Alsace et de Lorraine, pour préparer la publication d'une carte tectonique de l'Eurasie à l'échelle du six-millionième.

Ce travail dû à la collaboration de M. de Margerie avec M. Argand, professeur à l'Université de Neufchâtel, résume graphiquement ce que l'on sait actuellement sur la structure géologique du continent asiatique et ses prolongements européens. La Carte, en six feuilles, sera accompagnée d'une notice explicative détaillée.

15000^{fr} à M. **Jean Mascart**, directeur de l'Observatoire de Lyon, pour la publication d'une partie de l'œuvre astronomique de Luizet. (M. Jean

Mascart a restitué à la fondation une subvention de 5000^{fr} qui lui avait été attribuée en 1917 et qu'il n'avait pu utiliser.)

M. Luizet, mort récemment, s'était acquis une grande réputation comme observateur d'étoiles variables. Il a laissé 70000 observations dont la plupart n'ont jamais été publiées, et M. Mascart, dans un rapport des plus suggestifs, remarque très justement que la crise de l'Astronomie française tient, pour une grande part, à ce que les travaux de nos savants ou bien restent inédits, ou bien ne font l'objet que de courts résumés, tandis que les observateurs américains inondent le monde de publications étendues. Il est d'autant plus intéressant de mettre à la portée de tous les travaux de Luizet que son œuvre a été continuée avec succès à Lyon, non seulement par des astronomes professionnels, mais par une association très bien organisée d'observateurs bénévoles. Il y a donc là une entreprise tant de publications que de groupement scientifique qui mérite à tous égards d'être encouragée.

3000^{fr} à M. **Mugnier-Serand**, maître de phares principal des travaux publics, pour ses recherches sur les bruits parasites en T.S.F. et leur application à la prévision des grains.

M. Mugnier-Serand est depuis de longues années, seul Européen, au phare de Tamara, dans les îles de Los (Guinée); il a recueilli des échantillons géologiques, botaniques ou zoologiques qui ont été utilisés comme matériaux d'études par divers professeurs du Muséum. Chargé d'y installer et d'y faire fonctionner une station radiotélégraphique, il a su, avec une grande sagacité, faire l'analyse des bruits parasites et s'en servir pour la prévision des grains. Il a publié, à ce sujet, dans le *Bulletin de la Société d'études historiques et scientifiques* de l'Afrique occidentale française une Note dont les conclusions sont voisines de celles obtenues sur le même sujet par divers physiciens de la métropole. Cette subvention lui permettra de se procurer l'outillage nécessaire à la continuation de ses études.

15000^{fr} à l'**Académie des sciences**, pour la publication de l'inventaire des périodiques scientifiques dans les bibliothèques de Paris.

Le manuscrit de cet inventaire, exécuté sous la direction de notre secrétaire perpétuel, M. A. Lacroix, est achevé aujourd'hui. La publication en est appelée à rendre les plus grands services aux chercheurs. L'impression en est commencée. Un minimum de 50000^{fr} est nécessaire pour le mener à bien. L'appel adressé à la générosité de donateurs bénévoles n'ayant produit jusqu'ici que 9000^{fr}, il a paru nécessaire pour éviter toute interruption de faire cette année un nouvel appel à la fondation Loutreuil.

Les subventions accordées s'élèvent à la somme de 81100^fr. Nous en donnons la récapitulation dans le Tableau suivant :

1° *Subventions accordées à la demande des établissements désignés par le donateur :*

Muséum national d'histoire naturelle :		
M. Désiré Bois		8000^fr
Observatoire national de Besançon :		
Observatoire		1000
M. Auguste Lebeuf		3000
Conseil de perfectionnement de l'École polytechnique :		
M. Alfred Perot		6000
École nationale vétérinaire d'Alfort		1600
qui s'ajouteront à la somme de 8000^fr accordée en 1920 et non utilisée, pour former un total de 9600^fr ainsi réparti :		
MM. Adrien Panisset et Jean Verge	5000	
Edouard Bourdelle et Rochon-Duvignaud	2000	
Albert Henry et Charles Leblois	2000	
Gabriel Petit	600	
École nationale vétérinaire de Lyon :		
M. François Maigron		4000
M. Basset		4000
M. G. Marotel		2000
École nationale vétérinaire de Toulouse :		
M. Charles Besnoit		2500
M. Jean Lafon		2000
M. Charles Hervieux		1000
MM. Charles Besnoit et Victor Robin		1000

2° *Subventions accordées à des demandes directes :*

M. J. Achard	1000
Association amicale des élèves de l'École nationale supérieure des Mines	6000
École supérieure de perfectionnement industriel	5000
M. Wilfrid Kilian	2000
M. Emmanuel de Margerie	5000
M. Jean Mascart	15000
M. Mugnier-Serand	3000
Académie des sciences	15000
Total	88100

FONDS CHARLES BOUCHARD.

(Commissaires : MM. Guignard, Roux, Henneguy, Mangin, Branly, Charles Richet, Quénu, Widal, Bazy, Mesnil, N...; d'Arsonval, rapporteur.)

La Commission propose d'attribuer l'annuité à M. **Georges Bohn**, chef de travaux de zoologie à la Faculté des sciences de Paris, pour la continuation de ses travaux biologiques.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

FONDATION HENRY LE CHATELIER.

(Commissaires : MM. Maurice Leblanc, Rateau, Charpy, de Chardonnet, Louis Lumière, Laubeuf; Henry Le Chatelier, rapporteur.)

Indépendamment des nombreux prix distribués par l'Académie des Sciences, d'importantes fondations encouragent la recherche scientifique par des subventions. La Caisse nationale des Recherches, les legs Loutreuil et Commercy, la fondation Rothschild, la Direction des Recherches et Inventions distribuent ainsi, annuellement, plus de 2 millions de francs. Tous les membres des Commissions chargées de l'attribution de ces sommes savent que le rendement de l'argent ainsi dépensé est faible.

Si l'on a proposé néanmoins la création d'une nouvelle fondation semblable, c'est qu'il a semblé possible d'obtenir, par l'emploi de méthodes mieux appropriées, des résultats tout différents. Les subventions ne doivent pas être attribuées aux savants les plus méritants, mais appliquées aux recherches les plus intéressantes, abstraction faite de toute considération de personne.

Pour la fondation actuelle, on se propose de suivre la marche suivante : chercher quels travaux peuvent être les plus utiles au pays, quels savants semblent les plus capables de mener à bien les recherches désirées, quels laboratoires peuvent leur fournir les moyens de travail nécessaires, quelle rémunération équitable doit être proposée aux intéressés pour les décider à exécuter les recherches demandées, enfin quel contrôle doit être exercé sur la qualité du travail fourni.

En ce qui concerne plus spécialement les recherches scientifiques

orientées vers les applications industrielles, il ne faut pas confondre, comme on le fait trop souvent, science et invention. Cette subvention vise exclusivement à subventionner la science, trop dédaignée dans les usines et aucunement les inventions, tenues en assez grand honneur pour n'avoir pas besoin de nouveaux encouragements.

Tout nouveau procédé de fabrication n'est définitivement au point qu'après un temps très long, parfois énorme, employé à tâtonnements empiriques. Cette mise au point peut être considérablement accélérée et réalisée plus économiquement au moyen de recherches scientifiques systématiques, tendant à établir, par l'emploi de mesures précises, les relations exactes qui rattachent le résultat cherché à ses différents facteurs. Le but essentiel de la fondation est de provoquer des études de cette nature.

Pour commencer immédiatement à appliquer cette méthode, votre Section des applications de la science à l'industrie vous propose d'appliquer les fonds actuellement disponibles à subventionner des recherches scientifiques intéressant les deux industries suivantes :

1° Fabrication de la soude par le procédé à l'ammoniaque;

2° Fabrication de la tôle émaillée.

Première recherche. — *Fabrication de la soude à l'ammoniaque.* — Depuis 50 ans, cette industrie a pris un développement énorme; elle fournit annuellement plus d'un million de tonnes de carbonate de soude. Et, cependant, on n'a publié jusqu'ici à son sujet aucune étude méthodique. L'ouvrage classique de Schreib décrit très complètement les procédés techniques mis en œuvre, mais ne fournit aucune donnée scientifique sur les facteurs dont dépend le succès de la fabrication.

Parmi les opérations successives de cette fabrication, les trois premières à considérer sont :

1° *Formation du bicarbonate d'ammoniaque.* — L'absorption de l'acide carbonique par les liqueurs ammoniacales est assez lente et nécessite l'emploi d'appareils très compliqués et très volumineux. La grandeur qui règle toute l'opération est la vitesse d'absorption de l'acide carbonique par l'unité de surface des liqueurs employées. Il ne semble exister aucune mesure de cette vitesse. Le problème scientifique posé ici consiste donc à déterminer les relations qui rattachent cette vitesse à ses facteurs élémentaires, c'est-à-dire à la composition des dissolutions, à leur température, à la pression de l'acide carbonique, à sa dilution par des gaz inertes, peut-être à l'état d'agitation du gaz et des liqueurs en contact.

2° *Formation du bicarbonate de soude.* — Par double décomposition, le bicarbonate d'ammoniaque réagit sur le chlorure de sodium pour donner du bicarbonate de soude, et ce sel se précipite plus ou moins complètement suivant les conditions de l'équilibre qui se produit entre les quatre sels en présence. On a déterminé empiriquement les conditions de concentration et de température les plus avantageuses, mais on n'a pas fait de mesures suffisamment systématiques. Le problème scientifique posé consiste à déterminer complètement et pour différentes températures, les conditions d'équilibre de chacun des quatre sels solides, $NaCl$, NH^4Cl, NH^4HCO^3 et $NaHCO^3$ avec des dissolutions renfermant ces mêmes sels en proportions variées et exactement dosées. Le nombre des cas à examiner est très grand.

3° *Extraction du chlorure d'ammonium.* — Après séparation du bicarbonate de soude, les eaux résiduaires sont très chargées en chlorure d'ammonium. Habituellement, on traite cette solution par la chaux pour en dégager l'ammoniaque qui ressert dans une nouvelle opération pour la préparation du bicarbonate d'ammoniaque. Parfois aussi, on retire par cristallisation le chlorure d'ammonium et on l'utilise comme produit chimique ou comme engrais. Cette fabrication du chlorure d'ammonium va sans doute se développer considérablement, pour l'utilisation de l'ammoniaque fournie par les nouveaux procédés de synthèse.

Le problème scientifique posé est identique à celui de la préparation du bicarbonate de sodium, à la seule différence près que la cristallisation du chlorure d'ammonium est obtenue, non plus en présence de solutions renfermant des bicarbonates d'ammonium et de sodium, mais les carbonates neutres correspondants. Il y aura donc à déterminer les conditions d'équilibre des quatre sels solides $NaCl$, NH^4Cl, $(NH^4)^2CO^3$ et Na^2CO^3 au contact de solutions renfermant des proportions variables des mêmes sels.

L'étude de ces trois problèmes n'épuise pas la liste des questions que pose la fabrication de la soude par le procédé à l'ammoniaque. Il y aurait encore à étudier : les conditions de cristallisation du bicarbonate de soude en fonction de la température, de l'agitation, etc., de la composition des liqueurs, etc.; la grosseur des cristaux et l'absence d'adhérence aux parois métalliques des appareils exerce une influence considérable sur le rendement des opérations. Ces recherches pourront être reprises ultérieurement; pour le moment, on se bornera à mettre à l'étude les trois premiers problèmes.

Votre Section vous propose d'organiser ainsi l'étude de ces trois questions :

M. **Paul Riou**, professeur à l'École supérieure de commerce de Montréal, Canada, étudiera la vitesse d'absorption de l'acide carbonique par les solutions alcalines.

M. **Ernest Toporescu**, préparateur à l'Université de Jassy, Roumanie, étudiera les conditions de cristallisation du bicarbonate de sodium.

M. **Paul Mondain-Monval**, élève sortant de l'Institut de chimie appliquée, étudiera la cristallisation du chlorure d'ammonium.

Ces recherches seront effectuées au Laboratoire de Chimie générale de la Sorbonne, sous la direction de M. H. Le Chatelier. Chacun de ces trois savants recevra une subvention de 5000fr dont la moitié sera versée au début des recherches et moitié après leur achèvement.

Deuxième recherche. — *Fabrication de la tôle émaillée.* — La fabrication des objets en tôle émaillée servant aux usages domestiques, plus particulièrement aux usages culinaires, représente une industrie très importante, et cependant les connaissances précises à son sujet font presque complètement défaut. Cette industrie vit sur les traditions empiriques de contremaîtres qui gardent jalousement les secrets de leurs tours de main. Les facteurs qui entrent en jeu dans cette fabrication ne sont cependant ni très compliqués, ni très nombreux. Il est possible de les étudier scientifiquement.

La fabrication consiste essentiellement à appliquer sur le fer deux couches superposées de verre, l'une, dite *la masse*, a la propriété d'adhérer au métal; la seconde, dite *émail*, est rendue blanche et opaque par une addition de bioxyde d'étain. Les compositions de ces deux verres sont tenues très mystérieuses.

Le succès dépend de trois facteurs, de trois qualités de ces verres :

L'adhérence au métal;

La fusibilité nécessaire pour l'application;

La dilatation convenable, voisine de celle du fer, permettant les changements brusques de température sans écaillage.

Le problème scientifique à résoudre consiste à déterminer les relations qui rattachent ces trois grandeurs, toutes mesurables, aux facteurs dont elles dépendent. En l'espèce, ces facteurs ont exclusivement les proportions des divers constituants de ces verres.

Votre Section vous propose de confier cette étude à M. Lafon, ingé-

nieur des Arts et Manufactures, récemment sorti de l'École centrale. Ces recherches seraient faites au Laboratoire de Chimie générale de la Sorbonne, sous la direction de M. H. Le Chatelier. M. **Pierre Lafon** recevrait pour cette recherche une subvention de 5000^{fr}, dont la moitié lui serait versée dès la mise en train des recherches et la seconde moitié après leur achèvement.

L'Académie adopte les propositions de la Commission.

CONDITIONS GÉNÉRALES DES CONCOURS.

Les pièces manuscrites ou imprimées, destinées aux divers concours de l'Académie des sciences, doivent être adressées à MM. les SECRÉTAIRES PERPÉTUELS DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES, quai Conti, n° 23, à Paris, avec une lettre constatant l'envoi et indiquant le concours pour lequel elles sont présentées.

Les ouvrages imprimés doivent être envoyés au nombre de *trois exemplaires*.

Les manuscrits doivent être écrits en français.

Par une mesure générale, l'Académie a décidé que la clôture de tous les concours aura lieu le 31 décembre de l'année qui précède celle où le concours doit être jugé.

Les concurrents doivent indiquer, par une analyse succincte, la partie de leur travail où se trouve exprimée la découverte sur laquelle ils appellent le jugement de l'Académie.

Les concurrents sont prévenus que l'Académie ne rendra aucun des ouvrages ou mémoires envoyés aux concours; les auteurs auront la liberté d'en faire prendre des copies au secrétariat.

Le même ouvrage ne pourra pas être présenté, la même année, aux concours de deux académies de l'Institut de France.

L'Académie se réserve d'examiner, sans aucune condition de candidature, les titres des savants qui pourraient mériter les prix.

Le montant des sommes annoncées pour les prix n'est donné qu'à titre d'indication, subordonnée aux variations du revenu des fondations.

Nul n'est autorisé à prendre le titre de LAURÉAT DE L'ACADÉMIE, s'il n'a été jugé digne de recevoir un PRIX. Les personnes qui ont obtenu des *récompenses*, des *encouragements*, des *mentions* ou des *subventions* n'ont pas droit à ce titre.

Nota. — L'Académie a supprimé, depuis l'année 1902, la formalité qui rendait *obligatoire* l'anonymat pour certains concours, avec dépôt d'un pli cacheté contenant le nom de l'auteur. Cette formalité est devenue *facultative*.

LECTURES.

M. Alfred Lacroix, Secrétaire perpétuel, lit une Notice historique sur *Alfred Grandidier*.

A. Lx et E. P.

TABLEAU DES PRIX ET SUBVENTIONS ATTRIBUÉS.

ANNÉE 1922

MINÉRALOGIE ET GÉOLOGIE.

BOTANIQUE.

ANATOMIE ET ZOOLOGIE.

MÉDECINE ET CHIRURGIE.

PHYSIOLOGIE.

STATISTIQUE.

HISTOIRE ET PHILOSOPHIE DES SCIENCES.

MÉDAILLES.

PRIX GÉNÉRAUX.

FONDATIONS SPÉCIALES.

PRIX DES GRANDES ÉCOLES.

FONDS DE RECHERCHES SCIENTIFIQUES.

ERRATA.

—

(Séance du 27 novembre 1922.)

Note de M. *A. de Gramont*, Raies ultimes et séries spectrales :

Page 1027, ligne 26, *au lieu de* groupes I et II, *lire* groupes I et III.

(Séance du 4 décembre 1922.)

Note de M. *P. Viennot*, Sur la tectonique de la région de Bagnères-de-Bigorre et de Lourdes :

Page 1156, lignes 10 et 29, *au lieu de* Baudéan, *lire* Beaudéan.
Page 1157, ligne 28, *au lieu de* 50^{m^2}, *lire* 50^{m^3}.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU MARDI 26 DÉCEMBRE 1922.

PRÉSIDENCE DE M. ÉMILE BERTIN.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Ministre de l'Instruction publique et des Beaux-Arts** adresse ampliation du Décret en date du 16 décembre 1922 qui porte approbation de l'élection que l'Académie a faite de M. **H. Vincent** pour occuper, dans la Section de Médecine et Chirurgie, la place vacante par le décès de M. *A. Laveran*.

Il est donné lecture de ce Décret.

Sur l'invitation de M. le Président, M. **H. Vincent** prend place parmi ses Confrères.

M. le **Président** annonce à l'Académie qu'en raison des fêtes du nouvel an, la prochaine séance hebdomadaire aura lieu le mercredi 3 janvier 1923 au lieu du lundi 1er.

M. le **Président** souhaite la bienvenue à Sir **George Greenhill**, Correspondant pour la Section de Mécanique, qui assiste à la séance.

En offrant à l'Académie, au nom de M. **G. Daressy** et au sien, un volume intitulé : *Dolomieu en Égypte* (1), M. **A. Lacroix** s'exprime en ces termes :

Encore une fois, j'appelle l'attention de l'Académie sur des travaux

---

(1) A. Lacroix et G. Daressy, *Dolomieu en Égypte* (30 juin 1798-10 mai 1799) (*Mém. Institut d'Égypte*; Le Caire, t. 3, in-4°, 1922, p. 1-140 + 1 carte).

inédits de Dolomieu. Il avait suivi Bonaparte en Égypte, les procès-verbaux des séances de l'*Institut d'Égypte* montrent avec quel zèle il a pris part aux travaux de cette Compagnie; il lui avait fait plusieurs communications dont le texte était perdu. J'en ai trouvé les minutes dans les papiers de l'illustre savant, en même temps qu'un grand nombre de notes prises en Égypte sur les sujets les plus divers.

J'ai fait une sélection dans ses papiers, et l'*Institut d'Égypte* reconstitué a bien voulu en entreprendre la publication. M. G. Daressy, secrétaire général des services des antiquités et des musées d'Égypte, s'est chargé d'annoter ces textes; il l'a fait avec un soin extrême et une érudition très sûre. Ses notes ont beaucoup augmenté l'intérêt et facilitent la compréhension de ces documents qui témoignent de l'activité intellectuelle, toujours en éveil, de Dolomieu sur toutes les questions qui se présentaient à lui.

GÉOLOGIE. — *Sur la structure des Alpes orientales : origine de la nappe superalpine; problème de l'âge des grandes nappes.* Note de M. **Pierre Termier.**

Dans deux Notes précédentes [1], j'ai résumé l'état actuel de nos connaissances sur la tectonique des Alpes orientales et j'ai dit que, aujourd'hui plus que jamais, la structure générale en grandes nappes empilées (Deckenbau) me paraît évidente. Au nord d'une certaine ligne qu'il est aisé de tracer sur la carte, la *Zentralzone* est une carapace de nappes, crevée par plusieurs déchirures ou *fenêtres* dans lesquelles on voit passer, sous les nappes austro-alpines, les nappes pennines, le *Penninikum* de M. Rudolf Staub : fenêtre de la Basse-Engadine, fenêtre des Tauern, fenêtre de la Mur, fenêtre du Semmering. Les Alpes calcaires septentrionales sont un paquet de nappes venues du Sud et ayant passé par-dessus cette Zentralzone. En particulier, la *nappe austro-alpine supérieure*, qui n'est autre que la nappe de Bavière de M. Émile Haug et qui comprend la Lechtal Decke et l'Inntal-Wetterstein Decke des géologues bavarois et autrichiens, a pour zone de racines la bande des Pustertaler Phylliten, du Drauzug et des Gailtaleralpen : conclusion formellement exprimée, il y a bien longtemps déjà, par M. Émile Haug.

Reste à résoudre quelques problèmes importants, d'ordre général, sans

---

[1] *Comptes rendus*, t. 175, 1922, p. 925-929 et p. 1173-1178.

parler des difficultés de détail qui sont très nombreuses et dont l'intérêt est moindre. Les plus importants, à mon avis, sont : le problème de l'origine de la nappe la plus élevée, de la nappe qui surmonte, dans les Alpes septentrionales, la *nappe austro-alpine supérieure ;* et le problème de l'âge des grandes nappes, de l'âge du charriage principal. Ni l'un, ni l'autre ne sont encore complètement résolus. Mais je tiens à dire ici ce que j'en pense et vers quelle solution, pour chacun d'eux, j'incline présentement.

Origine de la nappe superalpine. — J'appelle *nappe superalpine* ce que M. Leopold Kober a appelé *hochalpine Decke*, ou encore *hochostalpine Decke.* C'est l'ensemble de tout ce qui, dans les Alpes calcaires septentrionales, surmonte la *nappe de Bavière :* c'est, par conséquent, la *nappe de Hallstatt* de M. Émile Haug, appelée *juvavische Decke* par les géologues bavarois et autrichiens. Peut-être cette nappe superalpine comprend-elle la nappe de Berchtesgaden. Peut-être comprend-elle aussi quelques-uns des lambeaux de calcaire du Dachstein dont M. Haug a fait autrefois une nappe spéciale ; quelques-uns seulement, car la plupart de ces lambeaux semblent aujourd'hui devoir être attribués à des replis de l'Inntal-Wetterstein Decke. Je pense qu'il faut aussi ranger dans la nappe superalpine le Paléozoïque de Gratz ; et encore (mais c'est plus douteux) le Stéphanien de la Stangalpe, à l'est des Tauern, et le Stéphanien du Steinacher Joch, à l'ouest de la même fenêtre.

D'où vient cette nappe de Hallstatt, cette nappe superalpine, ou juvavique ? à quelle unité méridionale se rattache-t-elle par-dessus la Zentralzone ?

Il n'y a que deux réponses admissibles : ou bien la nappe superalpine est une vraie nappe des Alpes, une nappe du premier genre, un pli couché, *et sa racine, alors, ne peut être que sous les Dinarides et cachée par l'avancée du pays dinarique ;* ou bien la nappe superalpine est une nappe du second genre, *et alors elle n'a pas de racine, elle est un morceau des Dinarides, détaché de l'immense pays dinarique et lui-même fragmenté par l'érosion.*

Dans l'exposé magistral (¹) qu'il nous a donné, il y a quatorze ans, des rapports entre les nappes des Alpes septentrionales et les zones isopiques du Trias alpin, M. Haug a adopté la deuxième solution, sans faire d'ailleurs allusion à la possibilité d'expliquer autrement les choses : il a rattaché la nappe de Hallstatt à la chaîne Carnique et au chaînon croate de la Kuna gora et d'Ivanšćica, et la nappe du Dachstein (supposée supérieure à celle

(¹) Émile Haug. *Traité de Géologie*, p. 895.

de Hallstatt) au bord nord des Alpes calcaires méridionales; en un mot, il a rattaché aux Dinarides tout ce qui, dans les Alpes septentrionales, surmonte la nappe de Bavière. Cette manière de voir est encore très plausible aujourd'hui, sous la seule réserve qu'on veuille bien ne pas parler de racines à propos de nappes dinariques, et que l'on fasse de tout le pays dinarique un bloc immense, ayant cheminé sur le pays alpin *par simple translation*.

Pour mon compte, c'est vers la première solution que je penche : la nappe superalpine me paraît être une vraie nappe des Alpes, un pli couché, par conséquent, dont la racine serait maintenant invisible parce qu'elle aurait été recouverte par l'avancée des Dinarides. Je m'explique mieux ainsi les différences de faciès qui subsistent entre la nappe superalpine et le pays dinarique : car s'il est vrai qu'il y ait de grandes analogies entre certains termes des deux séries, ces analogies, comme l'a dit M. Haug, ne s'étendent pas à l'ensemble de la succession sédimentaire. Les faciès superalpins (ou juvaviques) représenteraient un stade intermédiaire entre les faciès austro-alpins supérieurs et les faciès dinariques. Le Paléozoïque de Gratz ne viendrait pas de la chaîne Carnique; il viendrait d'une racine située un peu au sud de la chaîne Carnique et actuellement cachée par l'élément dinarique de cette chaîne ; et, dès lors, il n'y aurait plus rien de surprenant dans le fait que le Paléozoïque de Gratz ait des caractères spéciaux et que l'on n'y trouve, ni un Dévonien absolument semblable à celui de la chaîne Carnique, ni l'Ouralien caractéristique des écailles charriées sur ce Dévonien.

Pour décider définitivement du choix entre les deux hypothèses, il suffirait de la découverte, *le long du bord alpino-dinarique et sous les Dinarides*, d'un lambeau écrasé de terrains secondaires offrant les faciès de Hallstatt; ou encore de la découverte, dans les Alpes septentrionales, d'un lambeau paléozoïque mêlé à la nappe sulperalpine et offrant les faciès du bassin de Gratz.

Age des grandes nappes ou du charriage principal. — Les géologues autrichiens, même ceux qui ont adhéré à la théorie des grandes nappes ou du Deckenbau, semblent, pour la plupart, avoir admis que le charriage principal est antérieur aux *Couches de Gosau*, c'est-à-dire antérieur au Turonien, peut-être même antérieur au Cénomanien. Les nappes de la Zentralzone auraient été mises en place avant la transgression par laquelle a commencé le dépôt des Couches de Gosau ; celles-ci, dans la Zentralzone, seraient autochtones, et transgressives sur le pays charrié.

Mais comme on sait, depuis longtemps, que les Couches de Gosau sont

impliquées dans les digitations des nappes des Alpes calcaires septentrionales, les mêmes géologues, qui croient à l'âge *vorgosau* des nappes de la Zentralzone, sont bien obligés d'admettre un âge *nachgosau* pour les nappes des Alpes calcaires septentrionales. Ce dernier âge serait même oligocène, puisqu'il y a du Priabonien, et même de l'Oligocène, dans les nappes de Bavière (¹), de l'Allgäu et du Flysch.

Le charriage des Alpes orientales se serait donc opéré en deux temps, avec un intervalle immense pendant lequel la mer crétacée, puis la mer nummulitique, auraient envahi une partie du pays de nappes. Rien de semblable n'ayant existé, ni dans les Alpes centrales, ni dans les Alpes occidentales, les Alpes orientales auraient eu ainsi une histoire à elles, une histoire distincte ; et du coup disparaît l'unité de la chaîne alpine. S'il n'y a plus identité d'histoire, pourquoi y aurait-il identité de structure? La conception de l'âge *vorgosau* des nappes de la Zentralzone est certainement ce qui a le plus contribué à ébranler, dans l'esprit de beaucoup de géologues, la croyance en la réalité du Deckenbau. Formulée ou non, elle constitue la grande objection à la théorie des nappes : c'est elle qui plane sur ce curieux chapitre de *l'Antlitz der Erde*, *les Alpes de la Mur* (²), où la pensée d'Eduard Suess paraît si hésitante, si partagée entre le charriage général et l'absence de tout charriage. Et, par contre, si l'on venait à démontrer que, dans la Zentralzone, aussi bien à la Kainach que dans la région de Sanct-Veit, les Couches de Gosau sont charriées tout comme leur substratum, ce serait, pour la théorie des grandes nappes et pour la synthèse alpine, le triomphe définitif.

Je ne suis pas encore en état de donner cette démonstration; mais je crois qu'elle est possible, et même prochaine.

Dans une excursion faite, au mois d'août dernier, en compagnie de M. L. Kober, quelques jours avant que je les eusse moi-même rejoints, MM. Staub, Buxtorf, Cadisch, Eugster et Frei ont trouvé, dans le massif des Tarntaler Köpfe, sur le bord nord de la fenêtre des Tauern, une lame d'un terrain qu'ils n'ont pas hésité à assimiler au Flysch de l'Engadine. Ces Tarntaler Köpfe sont un lambeau de la *nappe austro-alpine inférieure* (*unterostalpine Decke*), quelque chose comme l'équivalent de la nappe de Radstadt. Il y aurait donc du Flysch dans la nappe austro-alpine infé-

---

(¹) Jean Boussac, *Études stratigraphiques sur le Nummulitique alpin*, Paris, 1912, p. 575-607.

(²) Eduard Suess, *La Face de la Terre*, t. 3, 2ᵉ partie, p. 785-791.

rieure, autour de la fenêtre des Tauern comme autour de la fenêtre de la Basse-Engadine. Bien que ce Flysch n'ait pas montré de fossiles, l'identité de faciès est telle, paraît-il, et l'habileté des géologues suisses à saisir les moindres nuances de l'aspect pétrographique est si grande, que je ne doute pas qu'il ne s'agisse ici d'un vrai terrain nummulitique. Et dès lors, la fenêtre des Tauern aurait, non seulement la même structure que celle de la Basse-Engadine, mais encore la même histoire et le même âge.

Aux environs de Sanct-Veit, et à la Kainach près de Gratz, les Couches de Gosau sont transgressives sur les terrains anciens, ici sur les micaschistes, ailleurs sur le Paléozoïque. Elles sont peu plissées, parfois horizontales; mais les terrains anciens sur lesquels elles reposent sont eux-mêmes peu plissés et parfois horizontaux. Ni leur transgressivité, ni leur allure tranquille, ne prouvent que ces couches crétacées soient autochtones. On est ici sur le dos de la carapace, d'une carapace immense à très grand rayon de courbure; et partout l'allure apparente est calme et produit l'illusion de l'autochtonie. Le Houiller de la Stangalpe, non loin de là, paraît autochtone; et l'on sait maintenant, par M. K. Holdhaus, qu'il repose sur le Trias et qu'il est, par conséquent, charrié. Je crois qu'en reprenant l'étude du Crétacé de Sanct-Veit, de l'Éocène de Guttaring, du Crétacé de la Kainach, on verra de même qu'ils ne sont point *en place*. Je pense que rien n'est *en place* dans la Zentralzone, si ce n'est le Miocène et les terrains plus récents.

On sait qu'il y a du Crétacé à faciès Gosau typique sur le pourtour du Bachergebirge : d'abord, près de l'angle sud-ouest de ce massif, non loin de Windisch-Gratz, apparaissant sous le Miocène, et au contact, soit des phyllites, soit du Lias; et aussi plus au Sud, près de Rotschach, où il constitue, d'après Teller, des sortes de *Klippes*, touchant les unes au Trias, d'autres aux phyllites.

Les lambeaux de Gosaukreide de Windisch-Gratz appartiennent certainement à la zone des racines de la *nappe austro-alpine supérieure*, car on est ici sur le prolongement de Karawanken. Ceux de Rotschach, qui, d'après les descriptions de Teller, sont très disloqués et écrasés, seraient pour moi superalpins. Ils sont sur le prolongement de la *bande écrasée* que j'ai signalée au sud d'Eisenkappel et où je vois un synclinal aigu du manteau dinarique; ils seraient un témoin des racines qui sont sous ce synclinal, un témoin des racines de la *nappe superalpine*. Je les regarde volontiers comme des jalons de la racine d'où est sorti, avec la Gosaukreide de la Kainach, le Paléozoïque de Gratz.

Plus au Sud, dans les Dinarides, il n'y a plus de vraie Gosaukreide. Les caractères du Crétacé deviennent tout autres. Même dans la bande Stein-Littai (*Savesystem* de M. Kossmat), les brèches à Rudistes, d'après les descriptions, ressembleraient à celles qui s'intercalent dans la *Scaglia*, plutôt qu'à celles de Gosau. C'est là, pour moi, une raison de plus pour croire que la nappe superalpine, où je place le Crétacé de la Kainach et de Sanct-Veit et l'Éocène de Guttaring, n'est pas un morceau des Dinarides. Les deux problèmes dont je viens de parler sont ainsi liés très étroitement.

Si le problème de l'âge se résout comme je crois qu'il va se résoudre, les nappes des Alpes orientales ont l'âge des nappes suisses et des nôtres. Dans toute la chaîne alpine, le charriage principal s'avérera dès lors comme oligocène. Les autres mouvements, au Crétacé et à la fin du Miocène, n'apparaîtront plus que comme des mouvements locaux, dont la composante horizontale est demeurée très petite par rapport à l'ampleur démesurée du grand charriage.

ACOUSTIQUE. — *Sur la méthode électrophonographique et son emploi pour l'inscription des sons.* Note de M. A. **Blondel.**

Depuis la guerre, on a publié divers exposés historiques incomplets de méthodes d'inscription des sons qui ont été employées en particulier pour le repérage des canons ennemis. On sait que la méthode de repérage par le son a été imaginée et proposée dès le début de la guerre par M. Nordmann. Dès que j'ai eu connaissance de sa théorie, je fis proposer en novembre 1914 par notre confrère, mon ami M. le général Ferrié, à l'ingénieur hydrographe qui s'occupait de ces questions au Ministère de la Guerre, une méthode d'enregistrement des sons que j'avais imaginée en 1911 et présentée au Congrès de l'Association française pour l'Avancement des Sciences à Dijon sous le nom de « Méthodes électrophonographique et électrophonoscopique ».

La méthode électrophonographique consistait dans la combinaison d'un ou plusieurs microphones, que j'avais choisis à la suite d'essais comparatifs sur les microphones [1], avec l'oscillographe que j'ai inventé et soumis à l'Académie en 1893 [2].

---

(1) G.-A. Blondel et S. Polok, *Annales des Postes et Télégraphes*, t. 4, 1913, p. 198.

(2) *Comptes rendus*, t. 116, 1893, p. 502 et 748.

Dans ma Communication au Congrès de Dijon [1], j'exposais ainsi le principe de la méthode de l'électrophonographie.

« J'ai déjà exposé il y a plusieurs années [2], *par l'oscillographe combiné avec un microphone*, un moyen pratique pour enregistrer la voix humaine. Il m'a semblé qu'on pouvait généraliser ce procédé et l'appliquer avec plus de rigueur à l'inscription des vibrations sonores; c'est ce que j'appelle l'*électrophonographie*.

» L'étude que j'ai faite des microphones m'a montré qu'on ne peut pas compter sur ces appareils pour reproduire d'une manière fidèle tous les harmoniques avec leurs vraies grandeurs relatives, mais qu'on peut très bien compter sur eux pour inscrire *la fréquence et la phase de vibrations simples*, pourvu que la fréquence propre du microphone soit choisie assez élevée pour éviter les effets de résonance. J'ai étudié le microphone en enregistrant d'une façon continue sur une bande photographique les courants oscillatoires auxquels il donne naissance sous l'effet d'une sirène spéciale à puissance phonique constante et à ondes sinusoïdales, qu'on lance d'abord à la vitesse maxima et qu'on freine de manière à l'arrêter en un espace de quelques secondes. On obtient ainsi l'enregistrement de toutes les amplitudes par lesquelles passe le courant microphonique pour les différentes fréquences et l'on voit ainsi quelles sont ses périodes de résonance.

» J'ai trouvé ainsi que certains microphones puissants, tels que le Paris-Rome de la Société industrielle des Téléphones, conviennent parfaitement pour l'étude des vibrations usuelles comprises entre 100 et 1000 vibrations doubles par seconde.

» L'oscillographe que j'emploie est un oscillographe double ou triple qui permet en outre d'enregistrer en même temps les vibrations d'un électrodiapason de période connue.

» J'ai pu faire par ce procédé, par exemple, l'étude des vibrations des verges, qui ne se prête pas aux procédés ordinaires d'inscription. Il suffit de placer *deux* microphones, un près de chaque extrémité, et d'enregistrer leurs courants en même temps que celui de l'électrodiapason. J'emploie le même procédé pour inscrire les fréquences et les battements des cloches. Enfin, la même méthode se prête très bien à l'étude des cloches sous-

---

(1) *Sur deux méthodes nouvelles pour les études d'acoustique : l'électrophonographie et l'électrophonoscopie* (*Association française pour l'Avancement des Sciences*, compte rendu de la 40e session, Dijon, août 1911, p. 52).

(2) *Méthode nouvelle pour étudier la parole et les courants microphoniques* (*Comptes rendus*, t. 133, 1901, p. 786).

marines et des transmissions hydrotélégraphiques; il suffit d'employer la sirène dans l'eau en l'alimentant par l'eau sous pression constante pour étudier les microphones avec les sons qu'ils ont à recevoir.

» *C'est une méthode d'inscription* qui peut remplacer avantageusement *dans un grand nombre de circonstances les méthodes chronographiques actuellement connues, et suppléer à leur insuffisance.* »

La dernière phrase, que je souligne, montre que j'avais défini nettement le champ d'application très étendu de l'électrophonographie et son but qui était de suppléer les méthodes chronographiques anciennes reconnues insuffisantes dès qu'il s'agit d'obtenir de la précision.

J'avais donné à la même époque dans les *Comptes rendus* (¹) un exemple d'application de cette méthode à l'étude des vibrations dans l'eau produites par les cloches sous-marines et au réglage de la résonance des microphones; parmi les fac-similés publiés des oscillogrammes obtenus, l'un représente l'inscription du son d'explosion d'un pistolet. C'est dire que ma méthode était suffisamment au point avant le début de la guerre pour pouvoir servir à l'enregistrement des sons des canons.

J'espérais donc qu'il suffirait de la signaler aux services compétents et de mettre à leur disposition un oscillographe comme je l'ai proposé pour qu'ils en fissent ou en demandent l'essai, *qui eût fait apparaître immédiatement les formes caractéristiques des ondes de bouche et des ondes de choc.* Il n'en fut rien parce que le Service intéressé préférait à ce moment faire prévaloir une méthode à lui, dans laquelle, au lieu d'oscillographe et de microphone, il employait des enregistreurs Desprez recevant les courants fermés *à la main* par des opérateurs. Il me fut donc répondu que la méthode de l'oscillographe était inutile et beaucoup trop compliquée. Il en résulta une perte d'au moins d'une année pour la Défense nationale.

En décembre 1915, lorsque les travaux de M. l'abbé Rousselot forcèrent à reconnaître que l'homme ne peut pas remplacer l'inscription oscillographique, on me fit consulter et je m'empressai de conseiller, par l'intermédiaire de M. le général Ferrié (dans des lettres des 15 et 30 décembre 1915), la combinaison de microphones, munis au besoin d'amplificateurs, avec mon oscillographe à cadre de fréquence 250 à 500 périodes, ou avec un enregistreur à électro-aimant du genre Desprez, mais muni de bobines

(¹) *Application de la syntonie acoustique et électrique à l'hydrotélégraphie; méthode pour la réaliser* (*Comptes rendus*, t. 152, 1911, p. 1571).

beaucoup plus grosses et d'une « armature légère, préalablement polarisée, vibrant à 250 ou 300 périodes », en y ajoutant : « l'essentiel, c'est d'éviter de prendre les périodes d'oscillation propre de cette armature mal amorties pour des inscriptions de sons. Lorsqu'on mettra des amplificateurs, il vaut mieux avoir des microphones fidèles et convenablement amortis. Le meilleur type que j'ai rencontré est le Paris-Rome de la Société des Téléphones, dont naturellement on peut augmenter le diamètre des membranes pour abaisser la fréquence propre, qui est actuellement choisie pour la voix humaine aux environs de 800 à 1000 ».

Il est à remarquer que l'appareil réalisé ensuite par le Service intéressé répond sensiblement aux indications que j'ai données, mais que, faute d'avoir polarisé l'armature, il donne des déviations dissymétriques; néanmoins il fut préféré à toute solution meilleure; et le Service a oublié, dans ses publications, de signaler mon intervention de novembre 1914 et décembre 1915.

En tout cas, si ce Service estime, comme il est dit dans une publication récente du même ingénieur, qu' « aucun des systèmes de repérage par le son adoptés au début de la guerre ne possédait des récepteurs sensibles à l'onde de bouche », c'est bien parce qu'il a systématiquement écarté, à cette époque, ma collaboration et mes appareils, au lieu de les soumettre à un essai et de s'inspirer de la méthode de principe que j'avais créée en 1911 (¹).

GÉOMÉTRIE INFINITÉSIMALE. — *Sur les réseaux qui sont conjugués à des congruences polaires réciproques par rapport à un complexe linéaire.* Note de M. C. **Guichard**.

Soient G et G′ deux congruences, rapportées à leurs développables, et polaires réciproques par rapport à un complexe linéaire dont l'arc est le troisième axe de coordonnées que je suppose vertical. Je désigne par A et A′

(¹) J'avais d'autre part signalé dans la Notice sur mes travaux, publiée chez Gauthier-Villars en 1913, page 16, l'emploi de la méthode bolométrique pour déterminer les ventres et les nœuds de vibration dans les tuyaux, méthode qui peut être transformée facilement en une méthode oscillographique en reliant le bolomètre par des amplificateurs à un oscillographe. Encore en 1919 le même Service a perdu plusieurs mois à créer comme invention personnelle un type d'oscillographe que j'avais exposé à l'Exposition annuelle de la Société de Physique en 1912.

deux réseaux conjugués respectivement aux congruences G et G'. Je vais indiquer dans cette Note les propriétés de ces réseaux.

Les paramètres directeurs X_1, X_2, X_3 de G, Y_1, Y_2, Y_3 de G' satisfont aux équations

$$(1) \qquad \frac{\partial^2 X}{\partial u\,\partial v} = \frac{1}{h}\frac{\partial h}{\partial v}\frac{\partial X}{\partial u} + \frac{1}{l}\frac{\partial l}{\partial u}\frac{\partial X}{\partial v} + RX,$$

$$(2) \qquad \frac{\partial^2 Y}{\partial u\,\partial v} = \frac{1}{H}\frac{\partial H}{\partial v}\frac{\partial Y}{\partial u} + \frac{1}{L}\frac{\partial L}{\partial u}\frac{\partial Y}{\partial v} + R_1 X.$$

On sait que les projections horizontales de G et de G' sont parallèles. Si donc on désigne par $[a, b]$ l'expression

$$a_1 b_1 - a_1 b_1,$$

on devra avoir

$$(3) \qquad [X, Y] = 0.$$

D'où l'on déduit

$$(4) \qquad \left[X, \frac{\partial Y}{\partial u}\right] + \left[\frac{\partial X}{\partial u}, Y\right] = 0, \qquad \left[X, \frac{\partial Y}{\partial v}\right] + \left[\frac{\partial X}{\partial v}, Y\right] = 0.$$

D'autre part, la projection horizontale de la première tangente au second réseau focal de G et celle de la deuxième tangente au premier réseau focal de G' sont aussi parallèles. Les paramètres directeurs de ces tangentes sont les quantités

$$\frac{\partial X}{\partial u} - \frac{1}{l}\frac{\partial l}{\partial u}X \quad \text{et} \quad \frac{\partial Y}{\partial v} - \frac{1}{H}\frac{\partial H}{\partial v}Y.$$

On a donc

$$\left[\frac{\partial X}{\partial u} - \frac{1}{l}\frac{\partial l}{\partial u}X, \frac{\partial Y}{\partial v} - \frac{1}{H}\frac{\partial H}{\partial v}Y\right] = 0.$$

En développant, on a

$$(5) \qquad \left[\frac{\partial X}{\partial u}, \frac{\partial Y}{\partial v}\right] - \frac{1}{l}\frac{\partial l}{\partial u}\left[X, \frac{\partial Y}{\partial v}\right] - \frac{1}{H}\frac{\partial H}{\partial v}\left[\frac{\partial X}{\partial u}, Y\right] = 0.$$

Si maintenant je pose

$$\theta = \left[X, \frac{\partial Y}{\partial u}\right]$$

j'aurai

$$(6) \qquad \frac{\partial \theta}{\partial u} = \left[\frac{\partial X}{\partial u}, \frac{\partial Y}{\partial v}\right] + \frac{1}{H}\frac{\partial H}{\partial v}\left[X, \frac{\partial Y}{\partial u}\right] + \frac{1}{L}\frac{\partial L}{\partial u}\left[X, \frac{\partial Y}{\partial v}\right].$$

Les équations (4), (5) et (6) donnent

$$\frac{1}{\theta}\frac{\partial \theta}{\partial u} = \frac{1}{l}\frac{\partial l}{\partial u} + \frac{1}{L}\frac{\partial L}{\partial u},$$

ce qui donne

(7) $$\left[X, \frac{\partial Y}{\partial v}\right] = \left[Y, \frac{\partial X}{\partial v}\right] = lLV.$$

On aurait, de même,

(8) $$\left[X, \frac{\partial Y}{\partial u}\right] = \left[Y, \frac{\partial X}{\partial u}\right] = hHU.$$

Cela posé, je désigne par ξ_1, ξ_2, ξ_3; η_1, η_2, η_3 les paramètres normaux des tangentes au réseau A; par ξ'_1, ξ'_2, ξ'_3; η'_1, η'_2, η'_3 ceux des tangentes au réseau A′; de sorte que l'on a

(9) $$\begin{cases} \dfrac{\partial \xi}{\partial v} = n\eta, & \dfrac{\partial \xi'}{\partial v} = n'\eta', \\ \dfrac{\partial \eta}{\partial u} = m\xi, & \dfrac{\partial \eta'}{\partial u} = m'\xi'. \end{cases}$$

Je mène par l'origine des droites g, g' respectivement parallèles à G et à G′; sur ces droites g et g' il y a des points a et a' qui décrivent des réseaux respectivement parallèles aux réseaux A et A′. On peut supposer que X_1, X_2, X_3 sont les coordonnées de a; Y_1, Y_2, Y_3 celles de a'. On aura alors

(10) $$\begin{cases} \dfrac{\partial X}{\partial u} = h\xi, & \dfrac{\partial Y}{\partial u} = H\xi', & \dfrac{\partial h}{\partial v} = lm, & \dfrac{\partial H}{\partial v} = Lm', \\ \dfrac{\partial X}{\partial v} = l\eta, & \dfrac{\partial Y}{\partial v} = L\eta', & \dfrac{\partial l}{\partial u} = hn, & \dfrac{\partial L}{\partial u} = Hn'. \end{cases}$$

Les équations (7), (8), (10) donnent

(11) $$\begin{cases} [X, \xi'] = hU, & [Y, \xi] = HU, \\ [X, \eta'] = lV, & [Y, \eta] = LV. \end{cases}$$

Si l'on différentie la première des équations (11) par rapport à v; la seconde par rapport à u, on obtient, en tenant compte des équations (9), (10), (11), les relations

(12) $$\begin{cases} [\xi, \eta'] = nV - m'U, \\ [\eta, \xi'] = mU - n'V. \end{cases}$$

Ainsi les éléments de direction des réseaux A et A′ doivent satisfaire aux conditions (12); je dis que réciproquement, si les éléments de direction de deux réseaux A et A′ satisfont aux conditions (12) il existe des réseaux A_1 parallèles à A et des réseaux A'_1 parallèles à A′ tels que A_1 et A_1 possèdent la propriété indiquée. (On suppose que les fonctions U et V ne sont pas nulles.)

Soient $M(x_1, x_2, x_3)$ un réseau parallèle à A; $N(y_1, y_2, y_3)$ un réseau parallèle à B. Si l'on pose

$$(13)\quad \begin{cases} [x_1\xi'] - h\mathrm{U} = q', & [y_1\xi] - \mathrm{HU} = q, \\ [x_1\eta'] - l\mathrm{V} = r', & [y_1\eta] - \mathrm{LV} = r, \end{cases}$$

on aura en tenant compte des équations (12)

$$(14)\quad \begin{cases} \dfrac{\partial q}{\partial v} = nr, & \dfrac{\partial q'}{\partial v} = n'r', \\ \dfrac{\partial r}{\partial u} = mq, & \dfrac{\partial r'}{\partial u} = m'q'. \end{cases}$$

Parmi les réseaux M il y en a une simple infinité pour lesquels les fonctions q' et r' se réduisent à zéro. On obtient ces réseaux, que j'appelle des réseaux *normaux* par la résolution d'un système complet. A chaque réseau normal $M(X_1, X_2, X_3)$ correspond un réseau normal $N(Y_1, Y_2, Y_3)$ tel que

$$(15)\quad [X, Y] = 0.$$

La droite NM rencontre le troisième axe de coordonnées; il en est de même des réseaux déduits M et N par la méthode de Laplace, l'application étant faite en sens inverse pour les deux réseaux. C'est là une propriété *caractéristique* de ces réseaux normaux.

Parmi les réseaux parallèles à M et à N on peut en trouver pour lesquels on a

$$q = \omega\xi, \qquad q' = \omega\xi',$$
$$r = \omega\eta, \qquad r' = \omega\eta',$$

ω étant une constante; soient A et A' deux tels réseaux. On vérifie facilement que les expressions

$$x_1 y_2 - y_1 x_2 - \omega(y_3 - x_3),$$
$$x_1 Y_2 - Y_1 x_2 - \omega Y_3,$$
$$X_1 y_2 - X_2 y_1 + \omega X_3$$

sont des constantes; comme x_3, y_3, X_3, Y_3 ne sont déterminés qu'à une constante près, on peut supposer que ces expressions sont nulles. Dans ces conditions, si l'on mène par A une droite G parallèle à OM, par A' une droite G' parallèle à ON, ces droites décrivent des congruences respectivement conjuguées aux réseaux A et A'; de plus, ces droites sont polaires réciproques par rapport au complexe dont l'équation est

$$L_3 = \omega X_3.$$

Comme on peut, d'une infinité de manières, associer les réseaux normaux M et N de telle sorte que

$$[X, Y] = 0,$$

il y a une infinité de congruences conjuguées à A, *dont les polaires réciproques sont conjuguées à* A'.

Soient R le réseau déduit de A par la transformation de Laplace faite de u vers v, S' le réseau déduit de A' en sens inverse, D le second réseau focal de G, C' le premier réseau focal de G'; les réseaux C' et D sont conjugués par rapport au complexe, les tangentes DR et C'S' à ces réseaux sont polaires réciproques par rapport au complexe. Il en résulte que les droites AA', RS' qui rencontrent deux droites polaires réciproques appartiennent au complexe.

Si, maintenant, deux réseaux A et A' sont tels que les droites AA', RS' appartiennent à un complexe linéaire, trois cas peuvent se présenter :

1° *Les réseaux* A *et* A' *sont polaires réciproques par rapport au complexe.*

2° *Le réseau* A' *est conjugué à une congruence polaire réciproque d'une congruence focale de* A.

3° *Les réseaux* A *et* A' *sont conjugués à des congruences polaires réciproques par rapport au complexe.*

HYDROGÉOLOGIE. — *La Fontaine de Jouvence (Silver Spring).* Note [1] de M. **Édouard Imbeaux.**

En étudiant l'hydrogéologie de la Floride, j'ai trouvé — comme jadis les Conquistadors espagnols — la fameuse Fontaine de Jouvence [2]. La « Source de Santé » n'est autre que « Silver Spring », la Fontaine d'Argent qui naît dans le comté de Marion, un peu à l'est d'Ocala.

Les bouillonnements se montrent dans un bassin de 180^{m} de diamètre, dont je puis donner ci-contre une belle vue photographique. Ce bassin

---

[1] Séance du 11 décembre 1922.

[2] A vrai dire, une autre légende, provenant sans doute d'un écrit du « Prestre Jehan », placerait la fontaine de Jouvence en Ethiopie; mais aucun voyageur n'a rencontré de source qui y corresponde.

a plus de 35 pieds ($10^m,70$) de profondeur, et l'eau est si claire qu'on voit distinctement les objets déposés sur le fond. Du bassin sort une rivière,



Fig. 1.

Silver Spring Run, tout de suite navigable qui a au moins 50 pieds de large et 9 pieds de profondeur, et qui va se jeter très vite dans l'Oklawaha River.

Le débit est de 22^{m^3} à 25^{m^3} par seconde, et la température d'environ 70° Fahrenheit (21° C.). Je rappellerai à titre de comparaison que la fontaine de Vaucluse a un débit qui varie de 4^{m^3} à 123^{m^3} par seconde (maximum atteint en octobre 1812) et que sa température oscille entre 8° C. (février) et 13°,5 ou 14° (octobre). Les sources de la Touvre, près d'Angoulême, donneraient 20^{m^3} par seconde; Fontaine-l'Évêque de $3^{m^3},5$ à 15^{m^3}; la source du Lez (près Montpellier) de $0^{m^3},6$ à 10^{m^3}; enfin les célèbres « bouches du Timavo » en Istrie (réapparition de la Rieka) de $0^{m^3},4$ à 30^{m^3}.

En Floride même, il y a près de Juliette à 43^{km} environ à l'ouest de Silver Spring, une autre grosse source qui débite presque autant qu'elle et porte le nom de Blue Spring. L'origine géologique de ces deux sources est la même et est représentée par la figure ci-après (coupe E-W de la péninsule au droit de Silver Spring).

La région (longue bande Nord-Sud d'une cinquantaine de kilomètres de largeur au bord E de laquelle se trouve Silver Spring, tandis que Blue Spring est près du bord W) est formée par le calcaire très caverneux dit

de Vicksburg (Oligocène), dont les assises plongent en pente douce vers l'Est. L'épaisseur de cette formation est très variable (entre 45^{m} et 300^{m}) :

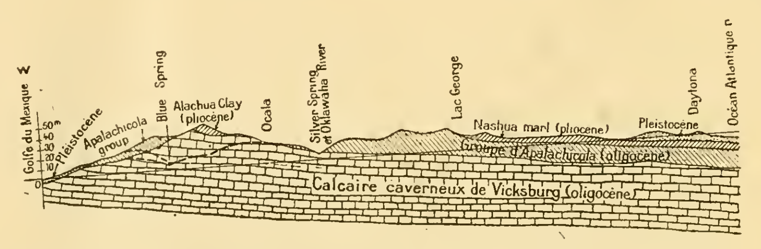


Fig. 2. — Coupe géologique E-W de la Floride passant par Silver Spring (près d'Ocala et Daytona). (Blue Spring est près de Juliette, un peu au sud de la coupe). Échelle des longueurs : $\frac{1}{1000000}$.

on peut la décomposer en trois subdivisions; le *calcaire de Marianna* à la base, le *calcaire Peninsular* et le *calcaire d'Ocala*, qui tous trois contiennent entre des bancs de calcaire tendre blanc ou gris des couches d'argile et des lits de rognons. Ce calcaire est facilement décomposé par l'eau, et la surface en est criblée d'orifices (*sink-holes*) ou bétoires provenant pour la plupart de l'effondrement de la voûte des cavernes. L'intérieur est sillonné de rivières souterraines, et les grosses sources ne sont que les débouchés au jour de ces cours d'eau.

A l'Est et à l'Ouest, le calcaire de Vicksburg est recouvert par le calcaire beaucoup moins fissuré et presque imperméable, du groupe d'*Apalachicola* (Oligocène) qui prennent ici le nom de *formation de Hawthorn* (30^{m} d'épaisseur) et d'*Alum Bluff formation* (de 40^{m} à 60^{m} d'épaisseur). Il est à son tour recouvert par les marnes pliocènes de Nashua, qui disparaissent sous les sables pléistocènes de la côte.

Inutile de dire que l'eau de Silver Spring n'a aucune propriété médicinale : en raison de son trajet dans les calcaires, elle est seulement assez dure. L'été, on prend des bains rafraîchissants dans la source, comme le permet sa température de 21°C.

M. H. Andoyer s'exprime ainsi :

J'ai l'honneur de présenter à l'Académie la troisième édition du premier volume de mon *Cours d'Astronomie*, consacré à l'Astronomie théorique. Cette nouvelle édition diffère notablement des précédentes, dont le plan général a été cependant conservé. J'ai apporté de nombreux perfectionnements de détail, suggérés par l'expérience de l'enseignement, et j'ai com-

plètement modifié l'exposition de la théorie de la précession, comme aussi celle de la théorie générale des éclipses.

Un chapitre complémentaire est consacré au problème de la détermination d'une orbite képlérienne par trois observations rapprochées d'après la méthode de Lagrange. Enfin j'ai terminé le volume par une Note sur le calendrier, qui m'a paru susceptible d'intéresser de nombreux lecteurs.

M. **Émile Borel** fait hommage à l'Académie d'une brochure qu'il vient de publier sous le titre : *La propriété scientifique* et exprime le vœu que l'Académie s'intéresse à cette question importante pour l'avenir de la Science pure. A l'instigation de la Confédération des Travailleurs intellectuels et sur l'initiative de notre Confrère M. Bergson, la Commission de Coopération intellectuelle de la Société des Nations a mis à l'étude un projet qui consacrerait la propriété scientifique; ce projet sera soumis l'été prochain à l'Assemblée de la Société des Nations. Il n'est pas douteux que les suggestions venant de Membres de l'Académie seraient favorablement accueillies par la Commission dont fait d'ailleurs partie notre Correspondant M. Torrès y Quevedo.

M. **E. Bouvier** fait hommage à l'Académie du fascicule LXIV des *Résultats des campagnes scientifiques accomplies sur son yacht*, par **Albert Ier**, prince souverain de Monaco, publiés sous sa direction avec le concours de M. Jules Richard : *Crustacés décapodes (Sergestides) provenant des campagnes des yachts* Hirondelle *et* Princesse-Alice (1885-1895), par **H.-J. Hansen**.

CORRESPONDANCE.

M. le **Ministre de l'Instruction publique** invite l'Académie à lui présenter une liste de deux candidats à la place vacante, au Bureau des Longitudes, par le décès de M. *Favé*.

M. **Henry Norris Russell** adresse des remercîments pour la distinction que l'Académie a accordée à ses travaux.

M. le Secrétaire perpétuel signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° *Echinoderma of the Indian Museum.* Part IX : *Echinoidea* (II). *An account of the Echinoidea*, by René Koehler. (Présenté par M. Joubin.)

2° *Nutrition de la plante. Utilisation des substances ternaires*, par M. Marin Molliard. (Présenté par M. L. Mangin.)

3° *Dynamique des corps solides. Gyroscopes*, par J. Reveille. (Présenté par M. L. Lecornu.)

M. P. Langevin prie l'Académie de vouloir bien le compter au nombre des candidats à la place vacante, dans la Section de Physique générale, par le décès de M. *E. Bouty*.

CALCUL DES PROBABILITÉS. — *Sur quelques inégalités dans le calcul des probabilités.* Note de M. Alf Guldberg.

La grande portée des théorèmes importants de Tchebycheff et de Markoff concernant l'espérance mathématique et les valeurs moyennes, a fait naître bien des travaux intéressants. Les recherches se sont en particulier proposé d'élever la limite inférieure de la probabilité fournie par les théorèmes. Je cite les travaux de MM. Karl Pearson (¹), P. Cantelli (²), C. Lurquin (³) et B. Meidell (⁴).

Soit x une quantité pouvant prendre les valeurs distinctes x_1 avec la probabilité p_1, x_2 avec la probabilité p_2, ..., x_n avec la probabilité p_n, en sorte que $p_1+p_2+\ldots+p_n=1$.

La valeur moyenne m de la quantité x est

$$m=\sum_1^k {}_i x_i p_i.$$

La valeur moyenne de la $n^{\text{ième}}$ puissance de la valeur absolue de l'écart

(¹) *Biometrika*, t. 12, p. 284.

(²) *Rendiconti delle R. Accademia dei Lincei*, 1916.

(³) *Comptes rendus*, t. 175, 1922, p. 1035.

(⁴) *Comptes rendus*, t. 175, 1922, p. 892.

$|x - m|$ est

$$\mu''_n = \sum_1^k i\,|x_i - m|^n p_i.$$

1. De l'égalité

$$\mu''_n = \sum_1^k i\,|x_i - m|^n p_i$$

on tire, en posant

$$|x_i - m| = h_i,$$

$$\mu''_n = h''_1 p_1 + h''_2 p_2 + \ldots + h''_k p_k.$$

Désignons par h', h'', ... les écarts qui sont, en valeur absolue, supérieurs au multiple $t\mu_r$ $(t > 1)$ et négligeons les autres; soient p', p'', ... les valeurs des probabilités correspondant aux écarts conservés. On aura

$$\mu''_n > h'^n p' + h''^n p'' + \ldots$$

et, *a fortiori*, puisque les h', h'', ... sont $> t\mu_r$,

(1) $$\mu''_n > (t\mu_r)^n (p' + p'' + \ldots).$$

Si P désigne la probabilité pour que la valeur absolue de l'écart d'une observation soit inférieure ou égale à $t\mu_r$, l'inégalité (1) s'écrit

$$\mu''_n > (t\mu_r)^n (1 - \mathrm{P}).$$

On a par suite

$$\mathrm{P} > 1 - \left(\frac{\mu_n}{\mu_r}\right)^n \frac{1}{t^n}.$$

La probabilité P *pour que la différence* $|x - m|$ *ne surpasse pas le multiple* $t\mu_r (t > 1)$ *est supérieure à* $1 - \left(\frac{\mu_n}{\mu_r}\right)^n \frac{1}{t^n}$.

Pour $n = r = 2$, on a le théorème de Tchebycheff. Pour $r = n = 2$, on a le résultat de M. Karl Pearson. M. Pearson suppose de plus que la loi des probabilités est continue. Pour $r = 2$, on a le résultat de M. Lurquin. Pour $r = n$, une légère modification donne aussi le résultat de M. Cantelli.

2. Dans l'égalité (où les x sont supposées positives)

$$\mu''_n = \sum_1^k i\,|x_i - m|^n p_i,$$

nous négligeons la partie qui contient les x_i inférieures ou égales à tm $(t > 1)$, nous substituons aux valeurs de x_i qui sont supérieures à tm la valeur infé-

rieure tm, nous aurons

$$\mu_n^n > (tm - m)^n (1 - P), \tag{2}$$

où P désigne la probabilité pour que la quantité x soit inférieure ou égale à tm. De l'inégalité (2) on tire

$$P > 1 - \left(\frac{\mu_n}{m}\right)^n \frac{1}{(t-1)^n}.$$

La probabilité P *pour que la quantité x ne surpasse pas le multiple tm ($t > 1$) est supérieure à* $1 - \left(\frac{\mu_n}{m}\right)^n \frac{1}{(t-1)^n}$.

GÉOMÉTRIE. — *Systèmes linéaires de courbes planes admettant un système donné de points-bases.* Note [1] de M. **Bertrand Gambier**.

1. Les séries linéaires de groupes de points g_n^r situées sur une courbe algébrique C_m donnée ont été le sujet de travaux nombreux, surtout en Italie. L'Ouvrage de MM. Picard et Simart résume les principaux résultats.

Inversement H points fixés dans le plan déterminent un système linéaire de C_m; suivant que le nombre des C_m linéairement indépendantes égale ou surpasse le plus grand des deux nombres 0 et $\frac{(m+1)(m+2)}{2} - H$, appelons le groupe des H points *normal ou anormal pour le degré m*. Proposons-nous de trouver tous les groupes anormaux pour un degré m donné.

2. Le cas d'un groupe anormal donnant une seule C_m, le cas un peu plus compliqué, où toutes les C_m du système ont une partie commune $C_p (p < m)$, se traitent immédiatement. Occupons-nous du seul cas vraiment intéressant, celui où l'on obtient un système linéaire, sans portion commune, de dimension supérieure ou égale à l'unité.

3. S'il en est ainsi, toutes les C_m, qui contiennent H_1 points *convenablement choisis* parmi les H donnés, contiennent automatiquement les $H - H_1$ restants, et peut-être aussi H'_1 complémentaires. Si H'_1 est nul, disons que les H points donnés forment un *groupe anormal complet de surabondance* $H - H_1$; si H'_1 n'est pas nul, disons que les H points forment un *groupe anormal incomplet de surabondance* $H - H_1$; en complétant par les H'_1 points on obtient un groupe de $H + H'_1$ points, anormal complet de

(1) Séance du 11 décembre 1922.

surabondance $H + H_1 - H_1$. Inversement, tout système anormal complet peut, par suppression de 1, 2, ...$(H - H_1 - 1)$ points *convenablement choisis*, engendrer des systèmes anormaux incomplets.

Bornons-nous donc aux groupes anormaux complets : nous pouvons, par hypothèse, les extraire du système de m^2 points communs à deux courbes C_m et C'_m. Dans une première étude, prenons le cas le plus simple, celui où les H points donnés sont tous distincts et simples sur les courbes de degré m; dans ce cas les deux courbes C_m et C'_m peuvent être supposées avoir leurs m^2 points communs distincts et n'avoir aucun point multiple.

4. Posons

$$\rho = \frac{(m+1)(m+2)}{2} - 2, \qquad \rho' = \frac{(m-1)(m-2)}{2}, \qquad \rho + \rho' = m^2.$$

Lorsque C_m et C'_m sont quelconques vis-à-vis l'une de l'autre, elles déterminent un seul groupe anormal complet, celui formé de leurs m^2 points d'intersection : ρ d'entre eux, *pris au hasard*, déterminent les ρ' restants; il y a ainsi $C^{\rho}_{\rho+\rho'}$ séparations possibles, dont chacune peut être figurée par le schéma $(\rho) + (\rho')$.

Mais je peux indiquer des règles de construction géométrique très simples donnant deux courbes C_m et C'_m jouissant des propriétés suivantes : sur les m^2 points communs, on peut choisir $\rho - \omega$ points P, $(0 < \omega < \rho)$, donnant effectivement, quand on les impose à une Γ_m, $\rho - \omega$ équations distinctes, entraînant automatiquement la présence sur cette Γ_m de $\rho' - \theta$ points Q, $(0 < \theta < \rho')$, qui se trouvent donc aussi parmi les m^2 points communs. Les $\omega + \theta$ points restants pourront ensuite être partagés en deux groupes, l'un de ω points P' tels que les Γ_m contenant les P et P' contiennent, en outre des Q, les θ restants Q'. Cette séparation peut être représentée par le schéma

$$(\rho - \omega, \omega) + (\rho' - \theta, \theta).$$

On démontre aisément que les $\omega + \theta$ points P' et Q' appartiennent à une série linéaire de groupes de points $g^{\omega}_{\omega+\theta}$, *série spéciale*, pouvant être découpée sur C_m par une courbe C_d de degré d, où d est l'un des nombres 1, 2, ..., $m - 3$, la courbe C_d ayant un certain nombre f de points fixes F sur C_m. L'ensemble $\Pi = P + Q$ forme un groupe de $m^2 - (\omega + \theta)$ points, anormal de surabondance $\rho' - \theta$, complet. Déterminer un tel ensemble Π revient soit à déterminer l'ensemble $V = P' + Q'$, soit à déterminer l'ensemble F : ces deux points de vue, légèrement différents, sont reliés entre

eux par le théorème de Riemann-Roch et la loi de réciprocité de Brill et Nœther.

Prenons le second point de vue; imaginons qu'on ait complètement résolu la question pour tous les degrés 1, 2, ..., $m-4$, $m-3$. L'entier d étant l'un de ces nombres, soit un groupe F normal, ou anormal complet, ou anormal incomplet pour le degré d, tel que le système linéaire de Γ_d contienne au moins deux Γ_d linéairement indépendantes, tel qu'il y ait au moins une C_m contenant ce groupe, sans contenir d'autre point (cette dernière restriction n'ayant de sens que si le groupe F était anormal incomplet pour le degré d). La C_m envisagée est coupée par *une* C_d quelconque en un nombre de points V égal à $v = md - f$; par le groupe V je mène une courbe C'_m arbitraire, distincte de C_m, ce qui est toujours possible; la courbe C'_m détermine sur C_m un nouveau groupe de points H en nombre $m(m-d)+f$ anormal complet pour le degré m; si le système de Γ_d est de dimension h, le système de Γ_m contenant H est de dimension $1+h$. Remplacer C_d par une autre courbe C'_d du système Γ_d serait sans effet sur le résultat final. Ainsi, je donne un extrait du Tableau relatif au degré 5 :

	F.	V.	H.	h.	Surabondance.
Droite	0	5	20	2	3
	1	4	21	1	3
Conique	3	7	18	2	1
	4	6	19	1	1

J'en déduis pour le degré 8 un Tableau contenant, en particulier :

	F.	V.	H.	h.	Surabondance.
Quintique	18	22	42	2 ou 3	1 ou 2
	19	21	43	1, 2 ou 3	1, 2 ou 3

Un problème qui se pose immédiatement est le suivant : Trouver sur une C_8 *donnée* tous les groupes normaux, ou anormaux complets, ou anormaux incomplets pour le degré 5.

Au second point de vue, il faut étudier le nombre de courbes C_d qui passent par un ensemble de V points pris sur les m^2 communs à C_m et C'_m; par exemple suivant que, parmi 21 points communs à deux courbes C_8 et C'_8 passent 0, 1, 2, 3, 4 quintiques linéairement indépendantes, l'ensemble H des 43 points restants est normal, ou anormal de surabondance 1, 2, 3.

5. Un autre problème qui se pose est le suivant : H points forment, pour le degré m, un système complet anormal de surabondance $H - H_1$;

H_1 d'entre eux suffisent pour retrouver les autres; mais sur ces H_1, on peut marquer *a priori* simplement $H_1 - H_2$: les $H - H_1 + H_2$ restants peuvent former soit un nombre fini de groupes, soit décrire une courbe algébrique sur laquelle ils forment une involution, simple ou composée $I^{H_2}_{H - H_1 + H_2}$.

Ainsi par trois points en ligne droite faisons passer deux quartiques C_4 et C'_4: les 13 points complémentaires $P_1, \ldots, P_{13}$ sont bases d'un réseau de quartiques; si $P_1, \ldots, P_{11}$ sont donnés, P_{12} et P_{13} décrivent une septique admettant $P_1, \ldots, P_{11}$ pour points doubles et, sur cette septique, ils décrivent une série linéaire g^1_2.

GÉOMÉTRIE. — *Sur un concept de la géométrie linéaire.* Note de M. **Georges Bouligand**, présentée par M. E. Goursat.

Les fondateurs de l'algèbre tensorielle, qui ont ramené les modes de variance les plus complexes à deux modes simples et contraires ont été orientés par le principe de dualité. En analysant la forme sous laquelle la dualité s'introduit ici, on est conduit, au point de vue purement géométrique, à dégager le concept de *doublet*, qui permet de donner à la notion de tenseur une forme plus concrète et facilite ainsi l'étude des relations invariantes de la géométrie linéaire.

Raisonnons, pour simplifier, dans un espace tridimensionnel; $\vec{A}$, $\vec{B}$, $\vec{C}$ formant un système fondamental, tout autre vecteur $\vec{V}$ pourra s'écrire

$$\vec{V} = x\vec{A} + y\vec{B} + z\vec{C}. \tag{1}$$

Soit $g(\vec{V})$ une forme invariante du vecteur $\vec{V}$, exprimée dans ce système par

$$g(\vec{V}) = ux + vy + wz. \tag{2}$$

La dualité prend naissance dans la symétrie de cette forme en x, y, z d'une part et u, v, w d'autre part. Cette symétrie s'exerce entre les deux éléments *forme* et *vecteur*.

Pour donner à la question toute son harmonie géométrique, il y a donc lieu d'introduire, à côté du vecteur libre, une notion corrélative. Nous appellerons *doublet* un système de deux plans parallèles d'ordre fixé, et

défini à une translation près ; cette figure équivaut à la forme : les deux plans qui la composent empruntent leur direction commune à deux vecteurs non colinéaires annulant cette forme, et ils sont écartés l'un de l'autre de manière que la forme prenne la valeur 1, pour tous les vecteurs qui joignent un point du premier plan à un point du second.

De l'addition algébrique des formes ou de la multiplication d'une forme par un coefficient, on passe facilement aux processus des deux opérations suivantes : addition géométrique de plusieurs doublets, multiplication d'un doublet par un scalaire. Tout doublet peut s'exprimer linéairement à l'aide de trois doublets fondamentaux : en choisissant pour ces derniers les couples de faces opposées du parallélépipède des vecteurs fondamentaux, et en appelant L, M, N les formes correspondantes, on assure à $\mathcal{L}(\vec{V})$ l'expression (2), $\mathcal{L}$ désignant l'opération $u\mathrm{L} + v\mathrm{M} + w\mathrm{N}$, et $\vec{V}$ la combinaison (1) des vecteurs fondamentaux. Les doublets fondamentaux d'une part, et les vecteurs fondamentaux de l'autre ont, naturellement, des modes de variances contraires.

La dualité s'exerce donc entre vecteurs et doublets, et cette dernière notion paraît préférable au concept abstrait et purement idéal de vecteur covariant. Un doublet est une forme linéaire d'un vecteur : corrélativement, toute forme linéaire d'un doublet est un vecteur libre. Soit une forme bilinéaire invariante de deux vecteurs libres $\vec{U}$ et $\vec{V}$. Pour chaque vecteur $\vec{U}$, cette forme se réduit à un doublet. La donnée d'un tenseur d'ordre deux, à deux indices de covariance, équivaut donc à une transformation linéaire, qui fait passer de vecteur à doublet.

La notion de tenseur devient intuitive : les trois types du second ordre dérivent respectivement des trois sortes de transformations linéaires qui changent respectivement vecteur en doublet, vecteur en vecteur, doublet en vecteur. On se contente en général de signaler les transformations de vecteur à vecteur, et l'on n'embrasse ainsi qu'un aspect particulier du problème.

Au point de vue métrique, à chaque doublet correspond univoquement un vecteur, celui qui va orthogonalement d'un point du premier plan à un point du second. Toute forme linéaire d'un vecteur $\vec{V}$ est alors égale au produit scalaire de $\vec{V}$ par un vecteur colinéaire au vecteur précédent et de longueur inverse. Dans ces conditions, toute distinction disparaît entre les divers types de tenseurs de même ordre.

Ces considérations s'appliquent à la définition du gradient d'une fonction de point quelconque. En géométrie linéaire, le gradient de la fonction $F(M)$ au point M_0 est constitué par un ensemble de deux plans parallèles, dont la direction commune est celle du plan tangent en M_0 à la surface $F(M) = F(M_0)$, plans qui seront d'autant plus rapprochés que la variation de la fonction est plus rapide. En géométrie métrique, le gradient peut être représenté, en vertu de la remarque précédente, par un vecteur normal à cette surface.

GÉOMÉTRIE PROJECTIVE. — *Sur les figures polaires.* Note de M. **Nilos Sakellariou**, présentée par M. Appell.

I. Nous considérons deux systèmes de tétraèdres :

$$a_1 a_2 a_3 a_4, \quad a'_1 a'_2 a'_3 a'_4,$$
$$b_1 b_2 b_3 b_4, \quad b'_1 b'_2 b'_3 b'_4,$$

par rapport à f [1]. Les $a_1 a_2 a_3 a_4$, $a'_1 a'_2 a'_3 a'_4$, $b_1 b_2 b_3 b_4$, $b'_1 b'_2 b'_3 b'_4$ sont tétraèdres polaires dans P, Q respectivement. Si l'on joint les sommets des $b_1 b_2 b_3 b_4$, $b'_1 b'_2 b'_3 b'_4$ avec les arêtes deux à deux qui ne sont pas conjuguées, on obtient une surface réglée du deuxième ordre.

En effet, aux plans

$$b_4, \ b_{134}, \ b_{124}, \ b'_{123}$$

correspondent leurs conjugués

$$b'_{134}, b'_{124} \, b_{123}, \ b'_4,$$

et l'on a

$$b_{134} b_{124}(b_{234}, b_{123}, b'_{234}, b'_{123}, \ldots) \barwedge b'_{134} b'_{124}(b_{123}, b_{234}, b'_{123}, b'_{234}, \ldots).$$

Mais on a la disposition suivante des plans par b'_{134}, b'_{124} :

$$b'_{134} b'_{124}(b_{123} b_{234}, b'_{123}, b'_{234}, \ldots) \barwedge b'_{134} b'_{124}(b_{234}, b_{123}, b'_{234}, b'_{123}, \ldots),$$

et de plus

$$b_{134} b_{124}(b_{234}, b_{123}, b'_{234}, b'_{123}, \ldots) \barwedge b'_{134} b'_{124}(b_{234}, b_{123}, b'_{234}, b'_{123}, \ldots).$$

Les deux derniers faisceaux produisent une surface réglée du deuxième ordre.

---

(1) Voir N. Sakellariou, *Sur les systèmes polaires* (*Comptes rendus*, t. 175, 1922, p. 399).

2. On a un résultat analogue pour les tétraèdres dans P :

$$a_1 a_2 a_3 a_4,$$
$$a'_1 a'_2 a'_3 a'_4.$$

Ainsi, on a deux surfaces réglées du deuxième ordre par rapport à f, que nous désignons par R^2_a, R^2_b et nous disons qu'elles forment un système polaire de surfaces du deuxième ordre par rapport à f. Chacune de ces surfaces passe par les sommets des tétraèdres (a, b) respectivement, et il y a ∞^3 tétraèdres polaires inscriptibles à R^2_a par exemple, qui est circonscrite à un tétraèdre polaire et à chacun de ceux-ci correspond un tétraèdre de la surface correspondante R^2_b dans l'autre système polaire.

3. Si l'on considère la figure polaire de chacun des tétraèdres considérés, chacune de celles-ci sera circonscrite à une surface $\mathfrak{P}^2_b$, qui sera la figure polaire de R^2_b, et la $\mathfrak{P}^2_a$ de la R^2_a. Les surfaces R^2_a, $\mathfrak{P}^2_a$; R^2_b, $\mathfrak{P}^2_b$ sont polaires entre elles dans le système polaire.

Ainsi *on a ∞^3 tétraèdres polaires pour chacun des systèmes polaires* P, Q, *qui sont respectivement circonscrits aux surfaces* $\mathfrak{P}^2_a$, $\mathfrak{P}^2_b$, *polaires des* R^2_a, R^2_b *respectivement, et qui forment un système polaire de surfaces par rapport à* f.

4. Si l'on considère un système polaire de pentaèdres par rapport à f,

$$a_1 \quad a_2 \quad a_3 \quad a_4 \quad a_5,$$
$$b_1 \quad b_2 \quad b_3 \quad b_4 \quad b_5,$$

chacun de ces pentaèdres est un pentaèdre polaire dans P, Q respectivement, et chacun est une figure polaire d'un pentacoryphe polaire du système polaire qui lui correspond, de manière que chaque sommet du pentaèdre soit situé sur une arête, chaque arête sur une face du pentacoryphe, et chacune de ses dix arêtes est conjuguée à sa face opposée.

Les dix sommets de deux pentaèdres polaires sont situés sur une surface du deuxième ordre. Il résulte de là :

Les dix faces de deux pentaèdres polaires quelconques d'un système polaire sont plans tangents d'une surface de deuxième classe.

5. D'après cela, si l'on considère deux couples de pentaèdres polaires correspondants

$$a_1 \quad a_2 \quad a_3 \quad a_4 \quad a_5, \qquad b_1 \quad b_2 \quad b_3 \quad b_4 \quad b_5,$$
$$a'_1 \quad a'_2 \quad a'_3 \quad a'_4 \quad a'_5, \qquad b'_1 \quad b'_2 \quad b'_3 \quad b'_4 \quad b'_5,$$

dans P, Q respectivement, à chacune de celles-ci correspond une surface $\mathfrak{P}^2_a$, $\mathfrak{P}^2_b$ dont les dix faces des pentaèdres sont plans tangents respectivement. Ces surfaces sont polaires des surfaces polaires qui leur correspondent,

R_a^2, R_b^2, sur lesquelles sont situés les sommets des couples de pentaèdres, dans lesquelles sont inscrits les pentaèdres.

6. Si

$$\begin{matrix} a_1 & a_2 & a_3 & a_4 & a_5, \\ b_1 & b_2 & b_3 & b_4 & b_5, \end{matrix} \quad \text{ainsi que} \quad \begin{matrix} a'_1 & a'_2 & a'_3 & a'_4 & a'_5, \\ b'_1 & b'_2 & b'_3 & b'_4 & b''_5 \end{matrix}$$

est un système polaire de pentaèdres par rapport à f, nous dirons que Φ_a^2, Φ_b^2 forment un système polaire de deuxième classe par rapport à f, et les surfaces R_a^2, R_b^2 polaires de deuxième ordre. On a par conséquent :

7. *Si* Φ_a^2, Φ_b^2 *forment un système polaire de surfaces de deuxième classe par rapport à* f, *et que* φ *soit conjugué à* f, *chacune de ces surfaces est une polaire de deuxième classe dans le système polaire correspondant* P, Q *d'une autre surface* R_a^2, R_b^2 *du deuxième ordre.*

Et réciproquement :

8. *Si* Φ_a^2, Φ_b^2 *sont surfaces polaires de deuxième classe dans* P, Q *respectivement*, Φ_a^2, Φ_b^2 *forment un système polaire de surfaces de deuxième classe par rapport à* f.

Une remarque analogue se fera pour les surfaces R_a^2, R_b^2 du deuxième ordre par rapport à f et P, Q respectivement.

MÉCANIQUE APPLIQUÉE. — *Sur les automobiles à transmission par arbre longitudinal à cardans*. Note de M. **A. Petot**, présentée par M. Appell.

L'objet de cette Note est d'appeler l'attention des techniciens sur une erreur que l'on commet couramment, depuis les débuts de l'automobilisme, dans le calcul des réactions exercées sur le carter du pont-arrière par le pignon conique et le différentiel. Je montrerai en outre que cette erreur a empêché d'apercevoir un inconvénient commun à tous les systèmes de transmission par arbre longitudinal à cardans, — inconvénient d'ailleurs minime en général, mais pouvant prendre de l'importance quand la stabilité de la voiture est en jeu —.

Soient Σ et $-\Sigma$ les systèmes des actions et des réactions exercées au contact des dents, entre le pignon conique et la couronne du différentiel; Ψ le couple moteur évalué sur l'arbre à cardans; Φ le couple moteur total réparti, sensiblement par moitiés, sur les deux roues; σ et σ' deux systèmes de forces, toujours minimes, qu'il y a lieu d'adjoindre pour mémoire, à Ψ et à Φ; p et q les poids du pignon et du différentiel; Σ_i et Σ'_i les systèmes de leurs

forces d'inertie et enfin Σ_1 et Σ'_1 les systèmes de forces exercées sur ces mêmes organes par le carter du pont.

Le théorème de d'Alembert donne, avec les notations symboliques des systèmes de vecteurs, les deux équations géométriques :

$$1^\circ \qquad (\Psi) + (\sigma) + (\Sigma) + (\Sigma_1) + (p) + (\Sigma_i) \equiv 0,$$

$$2^\circ \qquad (-\Phi) + (-\sigma') + (-\Sigma) + (\Sigma'_1) + (q) + (\Sigma'_i) \equiv 0;$$

et l'on en déduit pour le système total $\mathcal{R}$ des réactions cherchées sur le carter l'expression

$$3^\circ \qquad \mathcal{R} = (-\Phi) + (\Psi) + (\sigma) + (-\sigma') + (p) + (q) + (\Sigma_i) + (\Sigma'_i),$$

où l'on peut négliger tous les termes, à partir du 3°, à cause de leur petitesse relativement aux deux premiers.

Le premier couple de basculement $-\Phi$, appelé *couple de cabrage*, a été signalé depuis longtemps dans les Ouvrages et les Revues techniques; mais il ne semble pas que l'on ait aperçu le second Ψ. Cela tient sans doute à ce que ce dernier ne se manifeste par aucun effet visible, obligeant à constater qu'il existe, au même titre que le premier. Il y a là, en résumé, une erreur par omission assez importante, puisque, en valeur absolue, Ψ est sensiblement égal au quart de Φ.

On a dû, à cause du couple de cabrage, imaginer divers dispositifs pour empêcher le pont-arrière de tourner autour de l'axe du différentiel; et l'on sait qu'à chacun de ces dispositifs correspond un type particulier de voiture à cardans. Rien de semblable n'existe pour le deuxième couple de basculement, qui se comporte toujours de la même manière. Il tend à faire tourner le pont autour d'une parallèle à l'axe longitudinal de la voiture; mais ce mouvement est arrêté dès qu'il se produit, sans qu'il y ait besoin de faire intervenir un organe quelconque, uniquement parce que la liaison entre le moyeu de la roue et la fusée du pont ne présente qu'un jeu très minime, pratiquement négligeable.

Quand on manœuvre l'embrayage, le changement de vitesse ou le frein de mécanisme, le deuxième couple de basculement passe d'une certaine valeur Ψ' à une autre Ψ''. La question se pose alors de chercher, en vue de l'étude de la stabilité de la voiture, les modifications qui peuvent en résulter dans les réactions normales du sol sur les roues arrière; voici les résultats auxquels on arrive :

Ces réactions subissent immédiatement, avant que les ressorts aient le

temps d'agir, une variation égale à $\frac{\Psi' - \Psi}{e}$, l'une en plus et l'autre en moins, expression dans laquelle la lettre e désigne la distance des deux plans médians des roues. Les ressorts entrent ensuite en jeu, sous l'action du couple de réaction $-\Psi'$ appliqué au châssis par l'arbre à cardans; et enfin, après quelques oscillations qui cessent rapidement, les deux réactions normales reprennent des valeurs de régime voisines des premières. De là, pour les automobiles à cardans considérées, cette conséquence que la manœuvre de l'embrayage, du changement de vitesse ou du frein de mécanisme, donne lieu à une courte période de trouble dans les valeurs des réactions normales du sol sur les roues arrière, et par suite aussi dans l'adhérence utilisable sur ces roues. C'est en cela que consiste l'inconvénient dont il est parlé plus haut, et l'on voit qu'il intéresse la stabilité de la voiture.

Il reste à voir quelle peut être, suivant les cas, dans la pratique courante, l'importance du fait que nous venons de signaler. Pour l'embrayage et le changement de vitesse, les couples Ψ' et Ψ, qui sont de même sens, interviennent seulement par leur différence; aussi n'a-t-on rien à craindre, en général, pour la stabilité de la voiture, *mais à condition de ne passer d'une vitesse à une autre qu'en faisant une pause sur toutes les vitesses intermédiaires*.

Les choses se passent tout autrement pour le frein de mécanisme. Les couples Ψ' et Ψ, qui sont alors de sens contraire, interviennent en effet par la somme de leurs valeurs absolues, en sorte qu'il se produit des variations notables dans l'adhérence utilisable sur chacune des roues arrière. *Il y a donc là un nouvel argument pour la suppression du frein de mécanisme sur les voitures à transmission par arbre longitudinal à cardans*.

Cette question se rattache encore à celle de l'établissement du freinage intégral.

ASTRONOMIE PHYSIQUE. — *La dispersion anomale dans les spectres stellaires.* Note de M. **M. Maggini**, présentée par M. G. Bigourdan.

Dans une Note précédente (¹) j'ai présenté les résultats de mes recherches sur l'effet de la dispersion anomale dans certains doublets spectraux. Aujourd'hui je voudrais en déduire quelque conclusion. Il en résulte qu'on

(¹) *Comptes rendus*, t. 175, 1922, p. 746.

peut prévoir les phénomènes présentés par les radiations émises par les couches inférieures de la photosphère d'une étoile lorsqu'elles vont traverser les couches supérieures du calcium, ou bien des nuages de calcium placés sur notre rayon visuel. Dans les régions du spectre près des raies caractéristiques de la vapeur, les radiations sont réfractées avec des valeurs anormales de l'indice de réfraction, d'où s'ensuit une différence de marche. Par conséquent, si l'étoile est une double spectroscopique, la courbe des vitesses radiales calculée à l'aide de ces radiations sera déplacée sur l'axe du temps. Une interprétation semblable a été donnée par M. Henroteau à ses mesures sur σ *Cygni* (¹). Le déplacement qui en résultera sera proportionnel à la variation dans l'indice de réfraction, c'est-à-dire selon que la raie mesurée est près de l'une ou de l'autre composante du doublet ou du triplet.

En employant des spectrographes à grande dispersion il devrait être possible de trouver des raies voisines des composantes des triplets du magnésium ou du calcium, ou du doublet du sodium pour les étoiles du type B, et chercher s'il y a des déplacements, et comment varie leur rapport lorsqu'on passe des environs d'une raie aux environs d'une autre de la même série. Si ces rapports sont égaux aux k du tableau précédent, on devra conclure que le déplacement est causé par la dispersion anomale. Les tables de Rowland nous montrent que cela est possible pour le Soleil avec le doublet du sodium et les triplets du magnésium et du calcium.

Un autre fait se dégage des études sur la dispersion anomale : le caractère différent des raies d'un élément. MM. de Gramont et Hemsalech (²) ont rappelé l'attention sur le spectre du magnésium et surtout sur les raies 4481 et 4352. Living et Dewar (³) firent remarquer que la raie 4481 manque dans le spectre de flamme, et quelquefois dans celui de l'arc, mais qu'elle est toujours présente dans le spectre de l'étincelle, c'est-à-dire qu'elle a un haut degré d'excitation. Scheiner (⁴) trouva, en 1894, que cette raie est présente, sous forme de raie d'absorption, dans les étoiles des types B et A ; en effet, elle est très forte dans α *Canis Maj.*, α *Lyræ*, α *Canis Min.*, mais faible dans le Soleil et dans les étoiles des types F et G, jusqu'à disparaître dans K et M.

(¹) *Journal of the Roy. Astron. Society of Canada*, vol. 15, 1921, p. 109.
(²) *Comptes rendus*, t. 174, 1922, p. 356.
(³) *Proceed. Roy. Soc. London*, t. 30, p. 93.
(⁴) *Sitzungs. der K. preuss. Ak. Wiss. zu Berlin*, 1894.

Le caractère de la raie 4352 est tout à fait différent : elle ne se trouve que dans les types les plus avancés; elle est très forte dans le Soleil et dans *α Orionis* (type M_α). Dans le laboratoire cette raie est de faible excitation.

Dans mes expériences de dispersion anomale sur le spectre du magnésium on peut constater la dispersion près de 4352, mais non près de la 4481. Un caractère semblable se montre souvent dans 4227 (Ca) comparée aux H, K.

La raie 4571, qui accompagne 4352 dans l'évolution stellaire, et dont MM. de Gramont et Hemsalech ont proposé d'étudier les changements, montre, dans mes épreuves, que la dispersion anomale est, près d'elle, moins forte que près de 4352. Enfin la dispersion, près de ces deux raies, est plus faible que près du triplet 5184 [*b*].

Comme on voit, les études sur la dispersion anomale peuvent servir à une recherche qualitative des théories de Lockyer et Schuster sur l'évolution des étoiles.

PHYSIQUE THÉORIQUE. — *La Mécanique de Newton n'est pas une approximation de celle d'Einstein.* Note de M. **J. Le Roux**, présentée par M. G. Kœnigs.

La plupart des discussions relatives au principe d'Einstein se trouvent viciées par une erreur fondamentale qu'il importe de dissiper.

La Mécanique de Newton n'est pas une approximation de celle d'Einstein.

Les deux théories reposent sur des principes entièrement différents. Elles donnent des résultats presque semblables dans le cas d'un mobile unique, mais on n'a pas le droit d'en conclure que leurs conséquences sont toujours très voisines pour les systèmes. Une affirmation de cette nature est aussi fausse que celle qui prétendrait que deux courbes, voisines l'une de l'autre dans un domaine restreint, sont constamment voisines dans toute leur étendue.

Dans le cas d'un point mobile unique le nombre des variables est le même pour les deux théories. Toutes deux donneraient lieu à la considération d'une forme quadratique à quatre variables. Pour en déterminer les coefficients, Einstein se sert d'un système covariant d'équations aux dérivées partielles. Or, parmi les systèmes possibles, il choisit celui qui se ramène comme forme limite à l'équation de Poisson. Enfin, comme ce système est insuffisant pour la définition complète des coefficients cherchés,

il choisit encore, parmi les intégrales possibles, celles qui donnent les résultats les plus semblables à ceux de la Mécanique classique.

On doit donc constater que l'analogie des résultats n'est pas absolument fortuite.

Quand on passe aux systèmes de plusieurs points mobiles la divergence surgit.

Chacune des théories doit alors se développer suivant ses méthodes propres et conformément à ses principes fondamentaux.

Pour la Mécanique newtonienne, basée sur l'hypothèse des actions mutuelles, l'extension s'effectue sans difficulté avec ou sans modification de la loi d'attraction.

Si l'on veut établir les équations du mouvement à l'aide d'une forme quadratique de différentielles, on doit considérer une forme comprenant régulièrement toutes les variables dont dépendent la position et le mouvement du système. Il n'y a pas une quatrième coordonnée pour chaque point; le temps joue le rôle d'une variable canonique et le système de référence de Copernic correspond également à une forme canonique de l'expression des lois de la gravitation.

Cette forme d'extension est incompatible avec l'hypothèse initiale d'Einstein, qui prétend expliquer la gravitation par la courbure de l'Univers. Le ds^2 fondamental est toujours limité à quatre dimensions, quel que soit le nombre des points mobiles. Il y a pour chaque point quatre coordonnées. Les mouvements, étant figurés par des géodésiques d'univers, s'obtiendront à l'aide du même système d'équations différentielles à quatre variables, dont l'une pourra être choisie pour variable indépendante. Trois des coordonnées de chaque point s'expriment en fonction de la quatrième, mais il n'y a pas une variable unique à laquelle l'ensemble des mouvements se trouve rapportée.

L'extension de la méthode de Newton s'effectue régulièrement par la théorie des perturbations, celle de la méthode d'Einstein ne peut s'effectuer que par le perfectionnement du ds^2. Voilà la différence essentielle.

S'il existe réellement un ds^2 d'univers, il semble assez important de le construire. On pourra parler de vérification expérimentale, si les géodésiques déduites de cette forme représentent effectivement avec une approximation suffisante les mouvements réellement observés dans le système solaire. Il est vraiment surprenant qu'au lieu de multiplier les affirmations vagues, on n'ait pas encore fourni cette preuve efficace de la validité de la théorie.

Quelle sera la méthode rigoureuse suivant laquelle on obtiendra cette forme fondamentale? La théorie est muette à cet égard; ou, du moins, les réponses que l'on a tentées correspondent à de véritables absurdités mathématiques. On a admis que les coefficients d'un ds^2 à quatre dimensions pouvaient dépendre de plus de quatre variables, ou que les géodésiques pouvaient être remplacées par des lignes singulières; on a même affirmé que chaque mobile avait son univers.

Je ne veux pas tirer de ces affirmations un argument trop facile. Je me borne à l'analyse critique de la théorie, en montrant les conséquences singulières auxquelles conduit inéluctablement l'hypothèse fondamentale d'Einstein.

Ces conséquences sont telles que la possibilité d'une vérification expérimentale semble bien peu probable. C'est cependant le seul fait qui importe et qui permettrait d'accorder aux constructions de la relativité généralisée une apparence de valeur scientifique.

ÉLECTRICITÉ. — *Sur l'entretien des oscillations électriques par une lampe à trois électrodes*. Note de M. **F. van Aalst**, présentée par M. G. Ferrié.

En couplant par induction mutuelle une bobine disposée sur le circuit de grille d'une lampe à trois électrodes et la bobine d'un circuit oscillant self-capacité intercalé sur le circuit de plaque, on entretient des oscillations électriques.

La théorie [1] indique que la condition nécessaire à l'entretien des oscillations s'exprime par l'inégalité

$$R + \frac{L - kM}{C\rho} < 0,$$

R désignant la résistance du circuit oscillant, L sa self-induction, C sa capacité, M le coefficient d'induction mutuelle des deux bobines, k et ρ le facteur d'amplification en volts et la résistance de la lampe.

Lorsque les bobines étant couplées suffisamment pour que cette condition soit très largement satisfaite, on diminue leur induction mutuelle,

[1] G. Vallauri, *Elettrotecnica*, t. 4, 1917, p. 12. — C. Gutton, *Revue générale de l'Électricité*, t. 6, 1919, p. 14. — A. Blondel et C. Lavanchy, *Revue générale de l'Électricité*, t. 6, 1919, p. 875.

l'amplitude des oscillations entretenues augmente d'abord, passe par un maximum, puis décroît très vite jusqu'à désamorçage de l'oscillateur.

En disposant sur le circuit oscillant une soudure thermo-électrique sensible, on peut déterminer les positions des deux bobines pour lesquelles les oscillations se désamorcent. Nous nous sommes proposé, afin de vérifier la valeur de la théorie, de comparer la valeur trouvée dans ces conditions à celle que donne la condition limite

$$R + \frac{L - kM}{C\rho} = 0.$$

Les positions des bobines qui correspondent au désamorçage étant déterminées, nous avons mesuré avec un ondemètre, par la méthode de zéro d'Armagnat, le coefficient de self-induction des deux bobines mises en série, d'abord dans le sens pour lequel la self-induction augmente l'induction mutuelle, puis dans le sens pour lequel elle la diminue. La différence des deux valeurs ainsi déterminées est égale à quatre fois le coefficient d'induction mutuelle; nous avons ainsi trouvé

$$M = 0,41.10^{-3} \text{ henry}.$$

Pour comparer cette valeur à celle qu'indique la théorie, nous avons d'autre part mesuré à l'ondemètre la self-induction L, la capacité C. La résistance R du circuit comprend la résistance de la bobine, celle de la soudure thermo-électrique, comparées par la méthode de résonance à celle d'un fil fin dont la résistance avait été mesurée en courant continu et la résistance 8,70 ohms d'un fil de constantan de $0^{mm},04$ de diamètre intercalé sur le circuit.

Les coefficients k et ρ étaient déduits du tracé des caractéristiques à tension de plaque constante. Ces caractéristiques déterminaient bien ces coefficients pour les très petites amplitudes des oscillations lors du désamorçage, car le point de fonctionnement de la lampe avait été choisi en réglant la tension de plaque au milieu de la branche ascendante d'une caractéristique. On faisait ce réglage en s'arrangeant en sorte que le courant dans le circuit de plaque soit la moitié du courant de saturation et ne change pas d'intensité moyenne lors de l'amorçage des oscillations.

La longueur d'onde, mesurée à l'ondemètre, était 5505^m. La tension de plaque était 86 volts.

Le rapport de la self-induction de la bobine à la capacité du condensateur

du circuit oscillant avait été choisi égal à celui pour lequel le courant entretenu peut atteindre la plus grande intensité possible.

Voici les valeurs mesurées des différentes grandeurs nécessaires au calcul de M par la condition limite d'entretien des oscillations :

$$R = 16.45 \text{ ohms}, \qquad C = 4,11.10^{-3} \text{mf}.$$
$$L = 2,07.10^{-3} \text{ henry}, \qquad k = 9,0, \qquad \rho = 25500 \text{ ohms}.$$

Ce calcul de M donne $0,42.10^{-3}$ henry, la valeur mesurée étant $0,41.10^{-3}$, on en conclut que pour l'oscillateur en expérience la condition théorique d'amorçage se trouve très bien vérifiée.

La théorie indique que dans les conditions limites qui nous occupent la valeur de la période était celle que donne la formule de Lord Kelvin,

$$T = 2\pi\sqrt{LC}.$$

Cette conséquence de la théorie se vérifie avec beaucoup d'exactitude.

La théorie néglige l'influence du couplage supplémentaire par la capacité des électrodes de la lampe. Nous avons utilisé une lampe du petit modèle de la Radiotélégraphie militaire.

Pour la fréquence qui correspond à 5505^m et pour une self de la bobine de grille égale à $7,30.10^{-3}$ henry, la capacité de la lampe n'intervient plus que très peu. Pour des ondes plus courtes ou des selfs de bobines de grille beaucoup plus grandes, elle commence à ne plus être négligeable, car le couplage par la seule capacité de la lampe suffit à entretenir des oscillations, dont la longueur d'onde peut dépasser 1000^m.

Le courant de grille dont la théorie ne tient non plus compte ne modifie pas la condition trouvée. Les expériences précédentes montrent donc que la condition nécessaire d'entretien fournie par la théorie se vérifie parfaitement pour des oscillations dont la longueur d'onde est égale à 5500^m. L'induction mutuelle des deux bobines de l'oscillateur qui correspond non plus à l'amorçage mais au maximum d'intensité de courant dans le circuit oscillant a été trouvée égale à $0,782.10^{-3}$ henry, valeur plus grande que celle qui correspond à la limite d'entretien.

On remarquera que, parmi les relations théoriques qu'il est possible d'obtenir, c'est la condition limite de l'amorçage qui doit se vérifier le plus exactement, car elle correspond à des oscillations d'amplitude très petite, dans des conditions de fonctionnement pour lesquelles le courant de plaque peut très exactement être considéré comme une fonction linéaire des tensions de grille et de plaque.

PHYSIQUE. — *Sur les spectres de diffraction produits par des corpuscules ronds distribués irrégulièrement.* Note de M. A. **Druault**, présentée par M. Brillouin.

Le plus connu de ces spectres est celui qu'on obtient avec de la poudre de lycopode étalée sur une lame de verre. Si l'on regarde une lumière blanche étroite à travers une lame ainsi préparée, on la voit entourée d'une auréole jaunâtre lumineuse assez uniforme, commençant à son contact immédiat et limitée en dehors par une bordure rouge marron. Au delà de celle-ci se trouve un premier anneau aux couleurs spectrales, puis un deuxième et quelquefois un troisième.

Il est admis que la théorie de ces spectres revient à celle de la diffraction par une seule ouverture circulaire. Elle a été mise au point par un Mémoire de Verdet (1852, reproduit et résumé dans ses *Œuvres complètes*, t. 1 et 5) et dans le *Traité d'Optique* de E. Mascart (t. 1, 1889). Pour chaque longueur d'onde la lumière diffractée passe par une série de maxima et de minima, à partir de la source lumineuse, ou de son image, où se trouve le premier maximum.

Verdet n'avait fait qu'une seule expérience de vérification (quatre mensurations de minima) avec la poudre de lycopode (t. 1, p. 104, et t. 5, p. 314). De cette expérience et de la discussion qu'il fait de celle de Fraunhofer, il ressortirait que l'auréole centrale et la bordure rouge marron qui la termine ne contiennent aucun maximum, et que l'anneau rouge marron résulte seulement d'un minimum de lumière blanche. Cette interprétation n'a pas été contestée. D'ailleurs les tables d'Airy et de Schwerd (reproduites par Mascart, p. 310 et 311) montrent qu'il existe dans cette région une forte proportion de lumière diffractée. Il y aurait donc accord complet entre la théorie et l'expérimentation. Les perturbations provenant des points homologues des grains voisins s'annuleraient entièrement entre elles (Wood, *Optique physique*, t. 1, p. 289).

Les observations qui suivent démontrent, au contraire, que dans certains cas l'auréole centrale et sa bordure rouge marron contiennent une quantité importante de lumière diffractée de grain à grain. L'ensemble du spectre résulte d'une double diffraction.

Elles ont été faites avec trois produits naturels donnant des anneaux colorés semblables d'aspect, mais de grandeurs différentes. — 1° Poudre de lycopode. Les grains ont une forme irrégulièrement sphérique. Au

microscope, diamètre moyen de $29^{\mu},5$. — 2° Poudre obtenue avec des grains de blé cariés. Ce sont des spores plus régulièrement sphériques que celles du lycopode. Diamètre moyen $15^{\mu},3$. — Sang humain étalé sur verre et desséché. Diamètre moyen des globules rouges, seuls à retenir, 8^{μ}.

De ces trois produits, la poudre de lycopode est le moins bon pour une étude des phénomènes, parce que ses anneaux sont plus petits que ceux des deux autres sans être plus nets.

Avec le sang humain (au moins certaines préparations), si l'on fait l'examen avec un verre rouge, comme dans l'expérience de Verdet, on peut remarquer d'abord, grâce aux grandes dimensions des anneaux, que l'auréole centrale est plutôt un peu plus lumineuse sur les bords que près du centre. Si on le répète ensuite avec un verre vert ne laissant passer que les rayons de $0^{\mu},51$ à $0^{\mu},54$, l'auréole est nettement plus lumineuse à sa périphérie. Or, d'après les tables d'Airy et de Schwerd, cette auréole devrait se dégrader progressivement de son centre vers la périphérie et être beaucoup plus lumineuse dans sa moitié interne que dans sa moitié externe. Il existe donc dans celle-ci un maximum de lumière diffractée non prévu par la théorie.

Une preuve plus nette encore en est donnée par la poudre de carie du blé.

En répandant cette poudre à sec sur une lame de verre, on obtient un spectre qui ne diffère guère de celui du lycopode que par ses dimensions plus grandes. L'examen avec les verres vert et rouge n'y montre rien de plus.

Mais si l'on en fait d'abord une bouillie claire avec de l'eau distillée et qu'on l'étale ensuite sur le verre en une couche régulière, après dessiccation on obtient avec certaines préparations un aspect nouveau de la région centrale, les anneaux périphériques ne présentant aucune modification apparente.

L'auréole jaune centrale est entièrement transformée. A la place de sa partie externe se trouve maintenant un anneau spectral aux couleurs vives, rouge en dehors, jaune au milieu et verte dans sa partie interne. En dedans du vert l'auréole est très atténuée, presque noire. Plus près de la lumière il en reste une trace plus accusée. Cette disparition presque complète de la partie centrale de l'auréole est aussi significative que l'apparition de l'anneau brillant.

Étant donnée la façon dont cette transformation a été obtenue, elle ne peut résulter que d'un changement dans l'arrangement des grains. D'ail-

leurs un examen des préparations au microscope montre un groupement plus régulier des grains dans celles qui donnent l'anneau.

La diffraction étudiée par la théorie est entièrement indépendante des rapports des grains entre eux. Elle ne peut être influencée par leurs changements. Les modifications observées dans le spectre ne peuvent donc provenir que d'une diffraction intergranulaire, de grain à grain. Il y a auréole simple, c'est-à-dire un aspect très diffus, lorsque les grains sont à des distances très inégales les uns des autres. Il se forme un anneau lorsque la majorité des grains sont à une distance à peu près constante.

D'autre part, les dimensions des différentes couleurs de l'anneau sont faciles à mesurer. Elles le placent nettement en dedans du premier minimum théorique.

Une autre observation peut être faite avec les préparations de carie donnant un anneau central. Lorsqu'on incline devant l'œil une de ces préparations, par exemple en la tournant autour d'un axe vertical, l'anneau central s'allonge dans le sens perpendiculaire à l'axe de rotation, tandis que les anneaux périphériques ne sont pas modifiés. Cela tient à leur origine différente. L'anneau central s'allonge parce que, ses dimensions dépendant des distances des globules entre eux, la rotation de la lame en produit un rapprochement apparent dans la direction perpendiculaire à l'axe du mouvement. Les anneaux périphériques ne sont pas modifiés parce qu'ils dépendent de la forme des globules. Ceux-ci étant sphériques, ils se présentent toujours sous la forme d'un cercle.

En réalité le phénomène n'est pas tout à fait aussi pur, surtout si on l'examine en lumière blanche. Dans l'anneau central, le vert paraît se déplacer un peu plus vite que le rouge, et le premier des anneaux périphériques subit un léger mouvement dans le même sens. C'est sans doute à cause du mélange des effets des deux diffractions. L'anneau de second ordre de la diffraction intergranulaire est à peine plus grand que le premier de la diffraction granulaire et doit se confondre avec lui dans l'observation.

CHIMIE PHYSIQUE. — *La diffusion dans les solutions solides.* Note de MM. **H. Weiss** et **P. Henry**, présentée par M. H. Le Chatelier.

Dans notre dernière Note [1], nous avons étudié l'interpénétration des métaux solides par réaction chimique. Restait à examiner le deuxième

---

[1] *Comptes rendus*, t. 174, 1922, p. 1421.

mode possible d'interpénétration, celui par diffusion proprement dite dans les solutions solides. Dans une étude faite postérieurement à nos premiers travaux (¹) et utilisant la même technique que nous, W. Fraenkel et H. Houben (²) ont réalisé des diffusions mutuelles d'or et d'argent à la température de 870°. Ils les ont examinées par des attaques avec des réactifs sulfurés, s'appuyant pour leur interprétation sur une théorie élaborée peu auparavant par Tammann. Admettant que cette diffusion se produit suivant les lois de la diffusion isotrope dans les fluides, ils déterminèrent une valeur de la constante K de la formule classique

$$C = \frac{1}{2} - \frac{1}{\sqrt{\pi}} \int_0^{\frac{z}{2\sqrt{Kt}}} e^{-x^2}\, dx, \tag{1}$$

où C représente la concentration en molécules pour 100 d'or, t le temps en jours, z la longueur en centimètres. Ils ont trouvé la valeur 0,000037 moyenne de chiffres variant entre 0,000016 et 0,000078.

Le couple Au-Ag étant bien choisi pour diverses raisons d'ordre technique, nous avons repris ce même couple : d'une part, pour apporter plus de précision aux expériences et à leurs conclusions; d'autre part, pour contrôler si cette méthode d'interprétation des attaques donne des résultats comparables entre les mains de divers expérimentateurs et peut bien servir à faire des mesures de diffusibilité.

Nous avons fait fabriquer d'un seul tenant une barre cylindrique d'or de 10^{mm} de diamètre entourant un cylindre d'argent de 3^{mm},5 de diamètre ; le contact entre les deux métaux était assuré par tréfilage. Dans cette barre nous avons découpé des petits cylindres de 5^{mm} de hauteur environ ; nous étions certains ainsi d'avoir dans nos expériences des conditions de contact et d'écrouissage aussi constantes que possible.

Nous avons chauffé ces échantillons pendant des durées variant de 2 jours à 32 jours, aux températures de 935°, 885° et 835° dans le thermostat mis au point pour nos autres expériences.

Pour l'examen micrographique, nous polissions l'une des bases du cylindre et l'attaquions pendant une demi-heure dans du sulfhydrate d'ammoniac blanc additionné de la moitié de son volume d'eau. Nous obtenions

(¹) *Comptes rendus*, t. 171, 1920, p. 108.

(²) *Zeitschrift für anorganische Chemie*, t. 116, 1921, p. 1.

bien le disque noir opaque au centre, dans les parties riches en argent; ce disque était entouré d'un anneau gris bleuté puis d'un autre jaune verdâtre, couleur des alliages Au-Ag aux environs de 20 pour 100 de Ag. En attaquant dans les mêmes conditions divers alliages de composition connue, nous avons déterminé que le rebord des deux zones centrales correspondaient à $0^{mol},09$ et $0^{mol},18$ de Au. Fraenkel et Houben dans leurs expériences avaient trouvé $0^{mol},06$ et $0^{mol},12$.

Nous dessinions à la chambre claire ces zones sur un papier et nous mesurions leur diamètre au double décimètre dans quatre azimuts différents. Malgré nos précautions expérimentales, les zones n'avaient pas la forme de cercles, mais souvent d'ovales ayant les rebords très crénelés; ces accidents étant dus à la croissance de cristaux non microscopiques.

Ainsi, le résultat brut des expériences de 32 jours à 935°, qui constitue le point de départ de nos calculs, donnait sur nos dessins les rayons suivants pour les deux zones :

$19^{mm},6$, moyenne de nombres variant de $17^{mm},5$ à $22^{mm},5$,
$30^{mm},2$, moyenne de nombres variant de 25^{mm} à 35^{mm},

9^{mm} de nos dessins correspondant à $0^{mm},034$ sur l'échantillon.

Relation à concentration constante entre l'épaisseur traversée et le temps. — Comme le désire la formule (1) nous avons trouvé une relation de la forme

$$(z - z')^2 = mt.$$

C'est la même que pour les interpénétrations par réaction chimique et elle semble bien établie, toutes autres conditions restant égales.

Voici le Tableau des résultats obtenus à 935° :

Temps en heures.	Rayon de la zone noire sur le dessin. Calculé.	Rayon de la zone noire sur le dessin. Moyenne observée.	Rayon de la zone grise sur le dessin. Calculé.	Rayon de la zone grise sur le dessin. Moyenne observée.
h		mm		mm
763	»	19,6	»	30,2
576	24,0	23,1	33,2	31,3
408	28,6	30,4	36,3	36,9
192	36,2	35,1	41,5	39,4
96	41,1	42,7	44,8	45,5
48	44,5	46,6	47,1	47,8

Relation entre la concentration et l'épaisseur traversée. — Au moyen de la formule (1), en se servant des Tables de la fonction $\frac{2}{\sqrt{\pi}}\int_0^u e^{-x^2}\,dx$; prenant

pour point de départ l'épaisseur de pénétration mesurée correspondant à $0^{mol},18$ de Au pour 32 jours à 935°, soit $0^{mm},77$, on en déduit pour l'épaisseur correspondant à $0^{mol},09$ de Au $1^{mm},125$ et nous avons observé $1^{mm},128$.

Donc ces expériences, précises seulement à 10 pour 100 près, de par leur nature, n'ont pas mis en évidence une non-validité de la forme de la loi de diffusion dans les fluides, tout au moins dans le cas où les cristaux sont microscopiques, ni même une variation du paramètre K avec la concentration relative des deux métaux, fait qui est cependant signalé pour d'autres corps par Bowen (¹) dans son étude sur la diffusion des silicates fondus. Mais cette méthode d'examen, essentiellement discontinue, n'embrasse de plus qu'un intervalle de concentration très étroit. Aussi, sur ce point, des expériences sont tentées par une autre méthode.

Variation du phénomène avec la température. — Conformément à une relation déjà indiquée par nous (²), l'inverse du temps nécessaire à obtenir un état déterminé varie exponentiellement avec la température. Ce temps double à peu près par un abaissement de 50°. Les valeurs du paramètre K en cm^2-jour que nous avons obtenues aux températures de 935°, 885° et 835° sont respectivement 0,000110; 0,000048 et 0,000021. En interpolant à la température de 870° utilisée par Fraenkel et Houben on obtient 0,0000375; cet accord avec le nombre qu'ils ont trouvé 0,000037 est remarquable, étant donnée notre divergence sur le résultat des modes d'attaque.

Des expériences tentées sur le couple Bi-Sb ne nous ont donné que des résultats qualitatifs. Nous n'avons pu obtenir de zones assez nettement délimitées avec des réactifs chimiques; celles que l'on discernait étaient très irrégulières à cause de la grosseur des cristaux de Sb.

(¹) *Papers from the Geophysical Laboratory* (*Carnegie Institute of Washington*, n° 413).

(²) *Comptes rendus*, t. 174, 1922, p. 292.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur l'application de la méthode des variations continues aux phénomènes ébullioscopiques pour la détermination des sels doubles en dissolution.* Note (1) de MM. F. **Bourion** et E. **Rouyer**, présentée par M. G. Urbain.

Ayant cherché à utiliser la très élégante méthode de MM. G. Urbain et E. Cornec (2) pour l'étude des sels doubles en dissolution et qui consiste à appliquer la méthode des variations continues aux phénomènes cryoscopiques, nous avons dû y renoncer à cause de la faible solubilité de l'un des constituants du sel double.

Nous avons pensé pouvoir substituer efficacement la méthode ébullioscopique à la méthode cryoscopique dans le cas des sels beaucoup plus solubles à 100° qu'à 0° bien que, dans les mêmes conditions, la sensibilité du procédé ébullioscopique soit 3,5 fois plus petite que celle de la méthode cryoscopique; c'est ce qui arrivera notamment pour un rapport des solubilités de l'ordre de 10.

Mais, pour obtenir des résultats corrects, l'on ne peut songer à utiliser la technique ébullioscopique sous sa forme habituelle; car on a pu observer, au cours d'une opération, une variation de pression $1^{mm},3$ entraînant une correction voisine de $0^{\circ},05$ de l'ordre des plus petits écarts observés.

Nous avons alors employé une méthode différentielle qui nous a donné d'excellents résultats; elle consiste en principe à faire usage de deux appareils ébullioscopiques dont l'un contient la solution à étudier, et l'autre de l'eau pure servant ainsi d'appareil témoin. On ajoute à la différence des lectures, la différence algébrique de celles que l'on observe lorsque les deux appareils contiennent de l'eau. L'écart correspondant à ces dernières lectures, qui s'est montré constant à $\pm 0^{\circ},002$ dans 70 expériences pour lesquelles la différence des pressions extrêmes a été de 30^{mm}, démontre l'efficacité de cette méthode réalisée comme il sera indiqué.

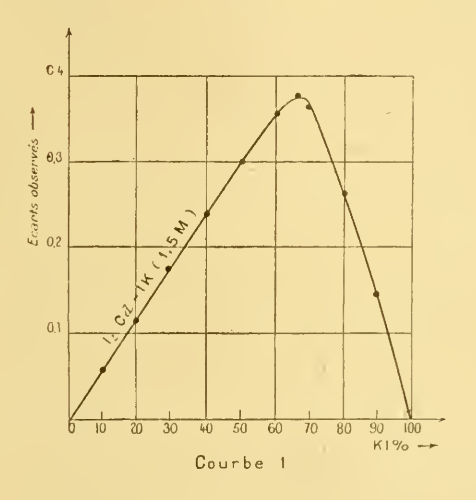
Chaque ébullioscope d'une contenance voisine de 150^{cm^3} renferme 40^{cm^3} de liquide et 30^{g} de billes de verre de 3 à 4^{mm} de diamètre qui ne doivent donner aucune alcalinité par une ébullition prolongée en présence de l'eau.

Afin de réaliser de bons paliers de température constante, chaque ébul-

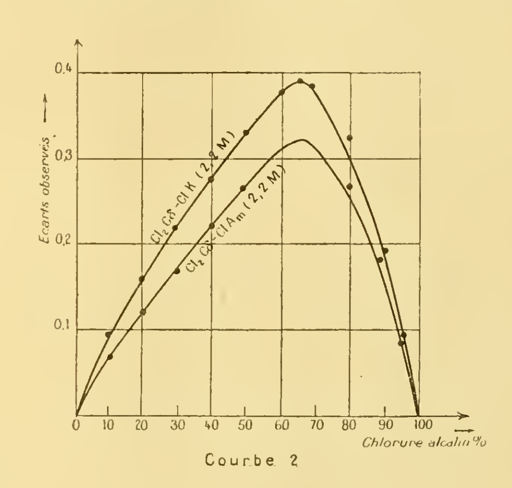
(1) Séance du 11 décembre 1922.

(2) G. Urbain et E. Cornec, *Bull. Soc. chim.*, 4e série, t. 25, 1919, p. 121 et 215.

lioscope est placé à l'intérieur d'un manchon contenant de la vapeur d'eau bouillante et l'appoint thermique nécessaire à l'ébullition obtenu par chauffage électrique d'un fil fin de platine placé vers la partie inférieure de l'ébullioscope. Pour éviter l'électrolyse qui se produit même en courant alternatif par suite d'électrolyse instantanée, le fil de platine est dans une enveloppe de pyrex renfermant de l'huile de vaseline. A la partie supérieure sont soudés deux tubes étroits contenant les deux conducteurs servant à établir les communications électriques. La température est donnée par deux thermomètres métastatiques Baudin où on lit directement 0°,01 et permettant d'apprécier le millième de degré à la loupe.



Courbe 1



Courbe 2

Afin d'éprouver la valeur de la méthode, nous l'avons appliquée à l'étude des mélanges d'iodures de cadmium et de potassium, puis de chlorure de cadmium et de chlorures de potassium et d'ammonium étudiés par MM. G. Urbain et E. Cornec par voie cryométrique.

La méthode des variations continues consiste comme on sait à faire des mélanges de solutions équimoléculaires des sels simples, 90^{cm^3} de la première et 10^{cm^3} de la seconde, 80^{cm^3} de la première et 20^{cm^3} de la seconde... et à retrancher l'élévation du point d'ébullition de chaque mélange de la somme de celles qui correspondent aux sels simples.

Le maximum de la courbe obtenue, en portant en abscisses les compositions en sels simples et en ordonnées les différences, définit la composition du sel double.

Avec le mélange des iodures on a observé pour une concentration du mélange $1^{mol},5$ (courbe 1)

IK....	0	10	20	30	40	50	60	66,6	70	80	90	100
I^2Cd.	100	90	80	70	60	50	40	33,3	30	20	10	0
Écart.	0	0°,049	0°,112	0°,177	0°,238	0°,295	0°,354	0°,377	0°,365	0°,280	0°,123	0

Le maximum de l'écart correspond manifestement au sel double $I^2Cd, 2IK$ ou mieux au complexe $(CdI^4)K^2$; ainsi soit à 100°, soit à 0° les méthodes ébullioscopique ou cryoscopique révèlent l'existence en solution du complexe précédent et attestent par là la solidité de ce composé; le rapport des écarts ébullioscopique et cryoscopique maximums pour la même concentration $1^{mol},5$ $\frac{2,140}{0,377} = 5,67$ supérieur à 3,5 indique qu'à 100°, le complexe est beaucoup plus dissocié qu'à 0°, et que la chaleur de formation du complexe à partir des sels simples dissous est positive et assez élevée.

Pour les mélanges de chlorures de cadmium et de potassium on a

Cl^2Cd.	100	90	80	70	60	50	40	33,3	30	20	10	0
Écart..	0	0°,092	0°,156	0°,215	0°,272	0°,327	0°,375	0°,391	0°,379	0°,319	0°,190	0

Le maximum 0°,391 caractérise le sel $2ClK, Cl^2Cd$ et l'on a un maximum de 0°,320 pour le mélange $4Cl^2Cd, 2ClAm$ de mêmes types que pour les iodures (courbe 2); par là ce résultat se différencie de celui fourni à 0° par cryoscopie où la combinaison a lieu molécule à molécule. Ces derniers sels n'ont pas été isolés; on a seulement entrevu leur existence par la grandeur de l'effet thermique qui accompagne le mélange des solutions de sels simples.

On notera qu'à la même concentration c'est avec les iodures qu'on obtient l'écart maximum et que pour le sel d'ammonium il est un peu plus faible qu'avec celui de potassium.

La méthode des variations continues appliquée à l'ébullioscopie pour la détermination des sels complexes en dissolution ne fait donc pas double emploi avec la méthode cryoscopique; elles se complètent mutuellement.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur les irido-dichloro-dioxalates cis et trans. Dédoublement optique du sel de potassium cis.* Note de M. **Marcel Delépine**, présentée par M. A. Haller.

Avant de réaliser la démonstration si simple des configurations des irido-dipyridino-tétrachlorures isomères $[Ir(C^5H^5N)^2Cl^4]M$, basée sur la syncristallisation du chlorure iridique dipyridiné cis avec le dérivé platinique

correspondant (¹), j'avais envisagé des réactions toutes différentes qui nécessitaient l'emploi d'irido-dichloro-dioxalate de potassium $[IrCl^2(C^2O^4)^2]K^3$; on connaissait, grâce aux recherches de MM. Vèzes et Duffour (²), un sel ayant cette formule; mais, pour le but poursuivi, il me fallait aller plus loin que ces savants.

La formule en question appartient, en effet, à deux isomères possibles, suivant que les deux atomes de chlore sont sur deux sommets contigus de l'octaèdre, soit en 1.2 ou cis (*fig.* 2), ou sur deux sommets opposés, soit en 1.6 ou trans (*fig.* 1). De plus, la forme cis doit être un racémique dédoublable en deux énantiomorphes, la figure 3 étant l'image spéculaire de la figure 2; la forme trans doit être inactive par raison de symétrie.

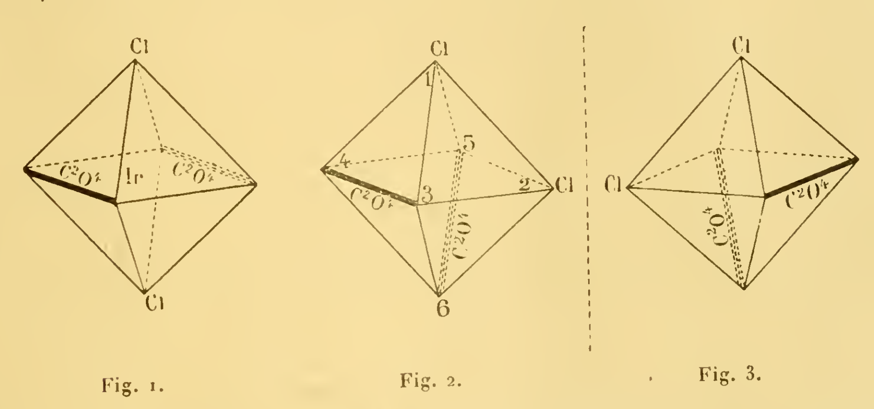


Fig. 1. Fig. 2. Fig. 3.

La préparation donnée par MM. Vèzes et Duffour, action de l'oxalate de potassium sur l'iridohexachlorure :

$$IrCl^6K^3 + 2C^2O^4K^2 = IrCl^2(C^2O^4)^2K^3 + 4ClK,$$

ne renseigne en rien sur la configuration du sel obtenu. Tout au plus peut-on dire que, si l'on supposait égales toutes les chances de substitution des paires d'atomes de chlore contiguës par le radical oxalique, la formation du composé cis devrait être quatre fois plus abondante que celle du trans. Comme MM. Vèzes et Duffour n'ont décrit qu'un corps, celui qui s'isole le plus aisément parce que le plus abondant, il y avait des probabilités pour que ce fût le composé cis.

On peut affirmer qu'il en est bien ainsi, car cet irido-dichloro-dioxalate est dédoublable par l'intermédiaire des sels de strychnine; le sel le moins

(¹) M. Delépine, *Comptes rendus*, t. 175, 1922, p. 1211.
(²) M. Vèzes et A. Duffour, *Bulletin Société chimique*, 4ᵉ série, t. 5, 1909, p. 869.

soluble correspond à l'isomère gauche, le plus soluble, au droit (pour les irido-trioxalates, c'était l'inverse). Le pouvoir rotatoire est peu élevé : $[\alpha]_D = \pm 23°,8$; il est très permanent à la température ordinaire, la solution de sel gauche faite en juin 1919 ayant été retrouvée avec la même rotation en juin 1922, mais il disparaît par chauffage prolongé à 130°.

Les sels actifs se distinguent du racémique par une plus grande solubilité, par la facilité avec laquelle ils forment de gros cristaux, alors que le racémique n'en forme ordinairement que de petits; ils contiennent 3^{mol} d'eau qu'ils perdent aisément à 100°, alors que le racémique n'en possède qu'une qui ne part pas à cette même température.

M. Duffour, qui a bien voulu examiner les sels actifs, a trouvé leurs formes identiques sans hémiédrie extérieure, du système orthorhombique.

Ceci posé, était-il possible d'obtenir l'isomère trans? Sans entrer dans le détail des expériences qu'on retrouvera ailleurs, j'ai reconnu qu'il se produit toujours dans la préparation du dérivé cis, soit qu'on opère à 100°, soit que, préférablement, on chauffe 10 minutes à 130°; après des concentrations, cristallisations et triages appropriés, le dernier mode opératoire fournit 60 pour 100 de dérivé cis, 12-15 pour 100 de sel trans, le reste de l'iridium étant engagé dans une combinaison amorphe, extrêmement soluble, de formule $Ir^3Cl^4(C^2O^4)^6K^7$, qui représente 3^{mol} d'irido-dichloro-dioxalate soudées avec élimination de 2^{mol} de chlorure de potassium.

L'isomère trans qui accompagne l'isomère cis se forme bien parallèlement à ce dernier et non pas consécutivement par suite d'une isomérisation, car si l'on chauffe l'isomère cis seul ou avec du chlorure de potassium, pendant une durée égale à celle de la préparation précédente, c'est-à-dire 10 minutes à 130°, on n'observe que de toutes petites quantités de trans. Toutefois, si l'on porte la durée à une heure, on transforme partiellement le cis en trans (10-15 pour 100) en même temps qu'en matière amorphe. Inversement, le sel trans, chauffé quelques heures à 130° en solution, reproduit le sel cis.

Il y a donc réciprocité entre toutes ces transformations. Cela démontre que si les irido-dichloro-dioxalates sont assez stables pour que, par exemple, leur pouvoir rotatoire ne change pas sensiblement en trois années, l'influence de la température est, au contraire, très marquée; les groupements oxaliques et le chlore peuvent permuter pour engendrer les divers arrangements possibles.

L'irido-dichloro-dioxalate de potassium trans se présente en magnifiques cristaux rouges de grandes dimensions, tantôt en aiguilles monocliniques,

tantôt en prismes tricliniques aplatis (M. Duffour), les uns et les autres quadrihydratés (la température de transformation paraît supérieure à 40°); il y a aussi une autre forme monoclinique à $5H^2O$ se produisant vers 0°. Le sel trans se déshydrate facilement, même au-dessous de 100°; son sel de strychnine n'est pas dédoublable.

Les deux isomères ont sensiblement la même belle couleur rouge rubis; leurs solutions sont de même teinte, mais le sel racémique cis est deux fois plus foncé que le sel trans. Ces solutions présentent vis-à-vis des sels de thallium et d'argent des différences bien accusées.

En résumé, tout en établissant l'existence des isomères prévus pour les irido-dichloro-dioxalates, j'ai montré qu'ils étaient susceptibles de se transformer les uns dans les autres, si la température est suffisante et maintenue un temps convenable. Comme les réactions de l'iridium sont souvent lentes, il en résulte qu'il faut parfois compter avec des transpositions intramoléculaires possibles.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur l'oxyde du Δ_3-méthylcyclohexène et les diméthylcyclohexanols.* Note de MM. **Marcel Godchot** et **Pierre Bedos**, présentée par M. Haller.

Dans une Communication précédente (¹), nous avons montré que l'action des organomagnésiens sur l'éther-oxyde du cyclohexène donnait naissance à des composés homologues ortho-substitués du cyclohexanol et que ces derniers se trouvaient être des stéréo-isomères des alcools secondaires obtenus par hydrogénation catalytique des phénols correspondants. La présente Note a pour but de généraliser ce fait en montrant que, par action des organomagnésiens sur l'oxyde du Δ_1-méthylcyclohexène, on obtient un diméthylcyclohexanol différent de ceux obtenus par hydrogénation des xylénols.

L'oxyde du Δ_3-méthylcyclohexène, mis en œuvre par nous dans ces recherches, n'avait pas encore été préparé jusqu'ici. Pour l'obtenir, nous avons utilisé le Δ_3-méthylcyclohexène, carbure bouillant vers 102°-103°, issu par déshydratation du paraméthylcyclohexanol.

Soumis à l'action de l'iode et de l'oxyde jaune de mercure, ce carbure fournit une iodhydrine qui, traitée en solution éthérée par la potasse caus-

---

(¹) *Comptes rendus*, t. 174, 1922, p. 461.

tique solide, se transforme en éther-oxyde répondant à la formule

$$\begin{array}{ccc} & CH^2 — CH & \\ CH^3—HC\langle & & \rangle CH. \quad (>O) \\ & CH^2 — CH^2 & \end{array}$$

On obtient du reste également le même éther-oxyde en oxydant le Δ_3-méthylcyclohexène par l'acide perbenzoïque selon la méthode de Prileschajen (¹).

L'oxyde du Δ_3-méthylcyclohexène se présente sous la forme d'un liquide incolore, très mobile, d'odeur forte, bouillant à 141°-142° (corr.); sa densité à 14° est égale à 0,949 et son indice de réfraction par rapport à la raie D e à la même température est égal à 1,4518 (R. M. trouvée : 31,54. Calculée pour $C^6H^{12}O$: 31,80).

L'hydratation de cet éther-oxyde par l'eau s'effectue très régulièrement en chauffant pendant 6 heures à 130°, 5^g d'éther-oxyde avec 15^g d'eau. Par distillation, dans le vide, du produit de la réaction, on isole un composé, bouillant vers 112°-115°, cristallisant peu à peu par refroidissement. Les cristaux ainsi obtenus, purifiés par cristallisation dans un mélange d'alcool et de benzine, sont constitués par de belles tables fusibles à 60° et répondant à la formule d'un méthyl-1-cyclohexane-diol-3.4

$$\begin{array}{ccc} & CH^2 — CH—OH & \\ CH^3—HC\langle & & \rangle CH—OH. \\ & H^2C — CH^2 & \end{array}$$

Ce glycol fournit avec l'isocyanate de phényle une diphényluréthane fusible à 176°-177°. On obtient du reste le même diol en traitant par la potasse aqueuse, à l'ébullition, le dibromure de cyclohexène

$$\begin{array}{ccc} & CH^2 — CHBr & \\ CH^3—HC\langle & & \rangle CHBr, \\ & CH^2 — CH^2 & \end{array}$$

liquide bouillant à 94°-95° sous une pression de 12^{mm}, obtenu déjà par Harries et Seitz en traitant par le brome le carbure non saturé (²).

Si l'on fait réagir à 0° un organomagnésien, par exemple l'iodure de méthylmagnésium, sur l'éther-oxyde du Δ_3-méthylcyclohexène, décrit plus

---

(¹) *Berichte der deutsch. chem. Gesellschaft*, t. 42, p. 4811.
(²) *Annal. der Chemie*, t. 395, p. 253.

haut, on constate les mêmes phénomènes observés par nous dans le cas de l'éther-oxyde du cyclohexène. C'est ainsi que lorsqu'on distille l'éther ordinaire au bain-marie avant de décomposer par l'eau la combinaison organomagnésienne, il se produit une réaction assez vive qu'il est nécessaire de modérer en refroidissant extérieurement; c'est à ce moment que se produit la transposition moléculaire déjà signalée par M. Grignard [1] et par nous-mêmes [2]; par traitement à l'eau acidulée de la masse visqueuse, par extraction à l'éther et distillation fractionnée du résidu éthéré, on isole, avec un rendement très satisfaisant, un alcool bouillant vers 173°-174° (corrigé), constitué par un diméthylcyclohexanol dont la formule de constitution n'a pu être déterminée encore avec certitude [3], car nous pouvons obtenir l'un ou l'autre des deux alcools suivants :

$$\begin{array}{ccc} \begin{array}{c} \mathrm{CH^2 \quad CH^2} \\ \mathrm{CH^3 - HC\langle_{1} \qquad {}_{3}\ {}_{4}\rangle CH\,OH} \\ \mathrm{CH^2 \quad CH - CH^3} \end{array} & \text{ou} & \begin{array}{c} \mathrm{CH^2 \quad CH^2} \\ \mathrm{CH^3 - HC\langle_{4} \qquad {}_{2}\ {}_{1}\rangle CH - CH^3} \\ \mathrm{CH^2 \quad CH - OH} \end{array} \end{array}$$

Cet alcool constitue un liquide, d'odeur agréable, dont la densité est égale à 18° à 0,9106 et dont l'indice de réfraction par rapport à la raie D et à la même température est égal à 1,452 (R. M. trouvée : 37,81; calculée pour $C^8H^{16}O$: 38,34). Cet alcool est certainement un stéréo-isomère de l'un ou l'autre des deux diméthylcyclohexanols (formules I et II), car, à l'inverse de ceux-ci, il ne donne pas de phényluréthane cristallisé; de plus, oxydé, en milieu acétique par l'acide chromique, il donne naissance à une diméthylcyclohexanone [point d'ébullition 171° (corr.); $d_{16} = 0,9044$; $n_D^{16} = 1,4427$; R. M. trouvée : 36,92, calculée pour $C^8H^{14}O$; 37,01] dont la semi-carbazone fond à 122°, alors que les deux diméthylcyclohexanones 1.3.4 et 1.4.2, préparées par oxydation des alcools correspondants engendrés par hydrogénation catalytique des xylénols 1.3.4 et 1.4.2 donnent des semi-carbazones fusibles respectivement à 190° et à 155° [4].

Un fait également intéressant à signaler est le suivant : si l'on compare les points d'ébullition de ces deux diméthylcyclohexanols et des deux diméthylcyclohexanones corrrespondantes avec les points d'ébullition du

---

(1) *Bulletin de la Société chimique*, t. 23, 1903, p. 944.

(2) *Comptes rendus*, t. 174, 1922, p. 461.

(3) Des essais en cours semblent nous démontrer que la formule II est celle qui convient.

(4) Sabatier et Mailhe, *Comptes rendus*, t. 142, 1906, p. 554.

diméthylcyclohexanol et de la diméthylcyclohexanone obtenus par nous, on constate un abaissement de plusieurs degrés pour les points d'ébullition de ces deux derniers corps :

	Ébull. (corr.).	
Diméthylcyclohexanol 1.3.4	176°,5	(Sabatier et Mailhe)
Diméthylcyclohexanone 1.3.4	176,5	(id.)
Diméthylcyclohexanol 1.4.2	178,5	(id.)
Diméthylcyclohexanone 1.4.2	176	(id.)
Diméthylcyclohexanol (stéréo-isomère)	173	(préparé par nous)
Diméthylcyclohexanone (stéréo-isomère)	171	(préparé par nous)

L'existence de stéréo-isomères (dérivés *cis* et *cis-trans*) n'est pas surprenante, étant donné que les formules de constitution font apparaître deux ou trois carbones asymétriques; quant aux différences de points d'ébullition, certains chimistes, Wallach en particulier pour les thuyamenthones ([1]), avaient fait des observations analogues.

CRISTALLOGRAPHIE. — *Sur le polymorphisme de l'antipyrine, de la vanilline et des érythrites.* Note de M. **Paul Gaubert**.

D'une manière générale, une substance qui peut être surfondue ou mieux encore passer à l'état amorphe, se présente sous plusieurs formes cristallines dépendant de la température. La surfusion et la solidification à l'état amorphe sont facilitées en fondant très peu de matière sur une lame de verre, en couvrant la préparation avec une lamelle suffisamment grande pour que la substance n'atteigne pas les bords de cette dernière et en refroidissant rapidement.

En outre, l'apparition de plusieurs états cristallins peut être favorisée par la présence d'une petite quantité de matière étrangère, modifiant le domaine de stabilité des modifications polymorphiques, et parfois par le chauffage plus ou moins prolongé de la substance à une température supérieure à celle du point de fusion.

En prenant ces précautions, je suis arrivé à trouver que beaucoup de substances organiques très connues ou très communes sont polymorphes et le but de cette Note est d'étudier les formes de trois d'entre elles.

([1]) *Annalen der Chemie*, t. 408, p. 163-182.

Antipyrine. — L'antipyrine fondue sur une lame de verre peut donner trois modifications cristallines.

1° La forme monoclinique (α), identique à celle des cristaux de la substance commerciale étudiée par plusieurs auteurs. Elle se produit seule quand la cristallisation a lieu à chaud et se présente en sphérolites à larges fibres ou en cristaux.

2° La modification (β), se produisant quand la préparation a été refroidie, se présente en sphérolites à enroulement hélicoïdal appartenant à deux types. Dans l'un, l'enroulement se fait obliquement autour de l'indice n_p, mais comme le pas de l'hélice pour chaque fibre n'a pas la même origine à partir du centre, il n'y a pas d'anneaux concentriques. Dans l'autre, l'enroulement se fait autour de l'indice moyen n_m.

Les fibres de cette forme possèdent à 20° une vitesse d'accroissement plus grande que celle des fibres de α ($\frac{1}{15}$ de millimètre par seconde au lieu de $\frac{1}{60}$) tandis qu'à 30° c'est le contraire qui a lieu. Elle peut être chauffée, si elle est seule jusqu'à son point de fusion voisin de 109°, plus bas par conséquent que celui de la forme stable (113°) et peut recristalliser, si toute la matière n'a pas été fondue, en cristaux monocliniques isolés. Au contact des cristaux de la forme α, elle se transforme avec une vitesse déterminée pour chaque température. A 20°, cette vitesse de transformation est de $\frac{1}{300}$ de millimètre par seconde, elle est presque nulle à 18°, et à 15°, les deux modifications peuvent rester indéfiniment l'une à côté de l'autre.

Les cristaux de la forme β peuvent aussi se produire dans une solution aqueuse; ils sont moins biréfringents que ceux de la forme α, mais ce qui surtout les fait reconnaître, c'est qu'au contact des cristaux de α, ils se transforment si la température dépasse 18°. S'ils ne sont touchés qu'en un seul point, la partie transformée a la même orientation optique sur toute son étendue et, finalement, on a un cristal, dont les propriétés optiques ne correspondent pas à celles de la forme extérieure, absolument comme si l'on avait taillé des faces artificielles quelconques dans une masse cristalline. Si le cristal continue à s'accrocher dans la solution, les premières faces sont remplacées par d'autres, en rapport avec l'orientation optique du cristal transformé, et il peut ne rester aucune trace de l'existence du cristal primitif.

3° Une troisième forme (γ), très instable, très peu biréfringente peut se produire à la température ordinaire. Elle se présente en sphérolites à enroulement hélicoïdal autour de n_m.

Vanilline. — La vanilline possède au moins quatre modifications cristallines.

1° Une forme monoclinique correspondant à celle des cristaux artificiels déjà étudiés (forme α), forme des sphérolites à fibres très fines, parfois même invisibles au microscope, très biréfringentes et se produisant dès le début de la cristallisation. En lumière convergente, les fibres montrent parfois une bissectrice aiguë et souvent un enroulement hélicoïdal autour de n_p.

2° La deuxième forme (β) se forme en même temps que la première, est stable comme elle et se montre aussi en sphérolites dont les fibres sont très larges.

3° Quand la température s'abaisse vers 40°, il se produit des petits cristaux, ayant la forme d'un prisme rectangulaire, environ deux fois plus longs que larges et probablement orthorhombiques. Tant qu'ils sont isolés, ils sont stables, mais au contact des cristaux des formes α et β, ils se transforment très rapidement. Je désigne cette forme par γ.

4° A la fin de la cristallisation, il peut se produire des sphérolites ressemblant beaucoup à ceux de la forme α, mais se distinguant de ces derniers par leur instabilité (forme δ). La coloration par les couleurs d'aniline des fibres et des cristaux permet de distinguer, à cause de l'inégalité d'absorption de la matière colorante et du polychroïsme, ces quatre modifications cristallines.

Érythrites. — Les érythrites inactive, droite et gauche sont dimorphes. L'érythrite inactive, chauffée au-dessus de son point de fusion, donne deux modifications cristallines. La première correspond à la forme quadratique connue, donne des sphérolites simples dont les fibres sont allongées suivant l'axe quaternaire du cristal (forme α).

La seconde forme (forme β) — qui se produit quand la préparation est refroidie — est biaxe et se présente sous la forme de magnifiques sphérolites à enroulement hélicoïdal appartenant à deux types différents. Dans le premier, les particules cristallisées de la fibre s'enroulent obliquement autour de n_g et dans le second obliquement autour de n_m. Ils présentent quelques particularités que je décrirai dans un autre Mémoire et sont très biréfringents, ce qui permet de les distinguer immédiatement de la forme α. La forme β est stable à la température ordinaire, mais elle se transforme quand on la chauffe au contact des fibres ou des cristaux de la forme α. On peut la fondre cependant sans la transformer, si elle est isolée.

L'érythrite droite de G. Bertrand et l'érythrite gauche de Maquenne, fondues sur une lame de verre, donnent des sphérolites à fibres simples, contrairement à ce qui a lieu habituellement avec les corps organiques possé-

dant le pouvoir rotatoire. Les fibres de ces sphérolites sont formées d'un cristal rhomboédrique très allongé suivant l'axe ternaire et appartiennent à la même forme (forme α) que les cristaux de ces deux substances décrits par Wyrouboff, qui n'a pas constaté la présence de formes hémiédriques.

Mais les deux érythrites droite et gauche peuvent se présenter sous une autre forme (forme β), qui donnent des sphérolites à enroulement hélicoïdal (enroulement des fibres autour de n_p). Il serait intéressant de voir si le sens de cet enroulement correspond au signe du pouvoir rotatoire, malheureusement l'instabilité de cette modification ne m'a pas permis encore de faire cette détermination.

GÉOLOGIE. — *Sur les terrains paléozoïques de la région nord-ouest des Zaër (Maroc occidental).* Note de M. **Lecointre**.

Dans une précédente Note [1], j'ai esquissé la stratigraphie de la partie de la chaîne hercynienne caractérisée en Chaouia par une direction NE-SW. Dans le nord des Zaër, elle affecte une direction sensiblement perpendiculaire : W 20° N à E 20° S, comme cela a été signalé dès 1909 par M. Gentil [2].

J'ai pu examiner à loisir la coupe de l'oued Akrech-Bou Regreg, déjà entrevue, au cours d'un voyage rapide, par M. Savornin [3]. Elle présente du N au S les couches suivantes :

1° Le conglomérat rouge que M. Savornin attribue au Permien. Ce conglomérat présente un aspect très particulier : les galets plus ou moins arrondis dont la grosseur varie de celle d'une noisette à celle de la tête, sont brisés et ressoudés, et pris dans une masse schisteuse verdâtre à patine rouge. Il semble bien avoir participé aux mouvements de la chaîne hercynienne, et différer par conséquent et comme facies et comme âge des conglomérats rouges de l'oued Mellah, que j'ai signalés dans ma dernière Note [1].

2° Un complexe de dolomies grenues, de schistes argileux verdâtres, de

---

(1) Lecointre, *Sur la stratigraphie du nord de la Chaouia* [(*Comptes rendus*, t. 175, 1922, p. 1161).

(2) *Rapport sur une mission scientifique au Maroc en* 1908 (*Nouvelles Archives des Missions scientifiques*, t. 18, n° 2, p. 44).

(3) Savornin, *Observations sur le Paléozoïque de Rabat* (*Comptes rendus*, t. 172, 1921, p. 1587).

grès traversés par un filon d'une diabase andésitique, très altérée, accompagnée d'un gisement de manganèse.

3° Après avoir traversé des schistes micacés et une barre de grès, on arrive aux schistes gris carton à graptolites, où j'ai recueilli *Monograptus priodon* Bronn.

4° Une barre de calcaires noirs, gris puis roses.

5° Le synclinal où coule le Bou Regreg entre les deux affleurements de la barre calcaire précédente. Il est occupé par des schistes gris carton, métamorphisés à leur contact avec la barre calcaire. Ils m'ont fourni : *Arethusina Konincki* Barrande, *Phacops* (*Trimerocephalus*) *Volborthi* Barrande, *Phacops* cf. *elegans* Sars in Bœck, *Retzia Barrandei* Davidson, *Hyolithes*, et divers lamellibranches et gastéropodes.

Sur l'autre flanc du synclinal on rencontre :

6° Une barre de calcaire rose activement exploitée pour les travaux du port et qui me semble, ainsi qu'à M. Savornin, identique à la barre n° 4.

7° Des schistes verdâtres plissotés dans tous les sens.

8° Au contact d'une barre de calcaire rose qui paraît être encore un repli de la couche 4-6, on rencontre des calcaires noirs fétides et des ampélites à lamellibranches et empreintes de *Monograptus* cf. *priodon* Bronn et un épanchement de diabase.

9° En remontant le cours de l'oued Akrech, on traverse une série de schistes verdâtres très plissotés coupés par des barres de calcaires gris et des grès subverticaux.

10° Puis des grès à pendage 30° NE.

11° A la remontée de la piste vers Ain el Hammam on trouve : des schistes micacés gris fer à grauwacke qui m'ont fourni des fossiles en médiocre état, mais qu'après avis conforme de M. Barrois pour la plupart d'entre eux, je pense pouvoir rapporter à *Phillipsia* sp. *Strophomena rhomboidalis* Wahl, *Orthotetes crenistria* Phillips, *Spirifer striatus* Martin, *S. duplicosta* Phillips, *S. convolutus* Phillips, *Athyris Roissyi* Léveillé, *Orthis Michelini* Léveillé, *Chonetes*.

12° Au delà et jusqu'au coude de l'oued, on traverse les couches inférieures à cette grauwacke. Ce sont des schistes généralement ardoisés alternant avec des couches de grès, plus ou moins injectés de quartz et avec épanchement de diabase. Ils présentent parfois des bancs à entroques et à petits brachiopodes. Ces couches sont inclinées dans l'ensemble vers le Nord-Est.

La faune de la couche 5 appartient au Gothlandien et présente des affi-

nités très nettes avec la faune du même âge en Bohême. Le fait est d'autant plus intéressant que le Silurien supérieur n'était connu au Maroc et dans les pays voisins (Sahara, Algérie, Espagne, Sardaigne) que par des faunes de graptolites avec orthocères et *Cardiola interrupta*. Le Gothlandien à trilobites du Maroc doit se raccorder avec celui de Bohême par l'intermédiaire de la région languedocienne où Bergeron a recueilli l'*Arethusina Konincki* (1).

La couche 10 que j'ai retrouvée d'ailleurs à l'embouchure de l'oued Korifla avec : *Orthotetes crenistria* var. *radialis* Phillips, *Spirifer* aff. *papilionaceus* de Kon., *Prolecanites?* et empreintes végétales appartiendrait au Carbonifère inf. (Viséen). Ce fait est à rapprocher de la découverte par M. Roÿ, d'un *Lepidodendron* au voisinage de ce gisement (2).

GÉOLOGIE. — *Le Valanginien de la bordure orientale du Bassin de Paris.* Note de M. GEORGES CORROY, présentée par M. Pierre Termier.

Avant 1916, les géologues étaient d'accord pour reconnaître que la mer valanginienne n'avait pas franchi le détroit morvano-vosgien, et dès lors n'avait pu pénétrer dans le bassin de Paris. A cette date M. J. Lambert, dans une remarquable étude (3), a démontré l'existence du Valanginien supérieur marin dans le sud du département de l'Aube et dans l'Yonne. Il indique trois faciès synchroniques : le premier, nettement bathyal, est formé par un calcaire blanc à *Hyposalenia stellulata*; un second, littoral, représenté par des marnes à bryozoaires; un troisième, intermédiaire, faciès réciforme à Méandrines.

Quand on considère les régions orientales du bassin, la Haute-Marne et la Meuse, on ne rencontre plus de Valanginien marin. Sous les dépôts nettement hauteriviens du calcaire à *Toxaster* et de ses marnes, on trouve les sables blancs, les sables ferrugineux, le fer géodique et la marne noire, décrits par Cornuel.

Jusqu'ici on a toujours regardé ces horizons comme hauteriviens, étant

(1) BERGERON, *Sur la présence, dans le Languedoc, de certaines espèces de l'étage et du Silurien supérieur de Bohême* (*B. F. G. S.*, 3e série, t. 18, 1880, p. 172).

(2) SAVORNIN, *loc. cit.*

(3) J. LAMBERT, *Sur l'existence de l'Étage valanginien et sur l'oscillation barrémienne dans l'Aube et dans l'Yonne* (*Mémoires de la Société académique de l'Aube*, t. 80, 1916).

donnée leur faune très pauvre en genres et en espèces, qui présente des affinités avec celle de l'Hauterivien.

Mais stratigraphiquement, les sables de cette région orientale sont antérieurs comme âge au calcaire valanginien de l'Yonne, puisque dans les exploitations limites telles que celles de la vallée de la Seine, aux environs de Courtenot, on peut voir le calcaire blanc reposer sur les sables.

Or, au Portlandien supérieur, le faciès marin fait défaut; la Haute-Marne, comme le Hanovre, était occupée par les lagunes à *Cyrena rugosa* du Purbeckien, lagunes comprises entre les vallées de l'Ornain et de la Marne, dont les restes nous ont été surtout conservés dans la forêt de Morley. Ici se place un temps d'émersion générale, probablement très long, qui sépare les temps jurassiques des temps crétacés.

On voit en effet, dans les anciennes minières de Fouchères, d'Hévilliers (Meuse), le fer géodique inclus dans les anfractuosités du Portlandien saumâtre, lequel est tellement corrodé et raviné qu'on ne peut douter qu'il ait été solidifié bien avant le dépôt du minerai. De plus, il est bien connu que le fer à fossiles végétaux et les marnes noires à ossements de chéloniens terrestres reposent tantôt sur l'un, tantôt sur l'autre des différents horizons du Portlandien (calcaires tubuleux, calcaires cariés, oolithe vacuolaire). La présence de quelques mollusques marins dans ces niveaux, marnes et fer, indique seulement qu'il s'est produit des incursions de la mer dans les lagunes de la Haute-Marne, tout comme dans celles du Pays de Bray (¹).

Quant aux sables qui nous intéressent particulièrement, ils ont été répartis d'une façon très inégale. Là où les dépôts de fer géodique font défaut, les sables atteignent une épaisseur de plusieurs mètres (12^m aux nouvelles sablières de Domblain), et quand ils existent sur le fer, ils sont réduits à quelques centimètres (10^{cm} aux minières de Clefmont, près Saint-Dizier).

Il semble donc que les sables (sables blancs et sables ferrugineux) presque azoïques, ne contenant que des débris ligniteux et de très rares débris de lamellibranches, ont comblé en quelque sorte les espaces inoccupés par les dépôts précédents. Connaissant dans l'Aube l'âge de ces sables, que conclure de ces constatations?

M. Lambert attribue aux sables s'étendant entre la Seine et la rive droite

(¹) P. Lemoine, *Sur la présence de fossiles marins dans le Néocomien inférieur du Pays de Bray* (*Bulletin de la Société des Amis des Sciences naturelles de Rouen*, t. 43, 1908, p. 129).

de l'Aube une origine éolienne et les compare à nos dunes de Gascogne. Cette hypothèse est des plus vraisemblables. On conçoit alors que, dès l'affaissement de la région nord du Morvan, qui permit à la mer de pénétrer plus avant dans le bassin de Paris, les sables de l'Aube ont pu se reporter vers l'Est. Ils ont nivelé en quelque sorte les dépôts lagunaires et recouvert le minerai fraîchement déposé. C'est ainsi qu'on trouve disséminés, au milieu des sablières, de nombreuses oolithes arrachées au fer, parfois des géodes entières (Avrainville, Camp romain de Fains), quelques fragments de lamellibranches (Trémont), des débris végétaux venant du fer, tels que ceux d'Aulnois-en-Perthois, qui appartiennent aux même espèces de conifères.

Au Valanginien supérieur, la mer du Jura déposait ses sédiments dans l'Yonne et dans l'Aube; elle reliait ainsi la Suisse au bassin de Paris, ainsi qu'en font foi les lambeaux valanginiens des rives de la Saône. Pendant ce temps, le nord et l'est étaient toujours occupés par les faciès lagunaires (sables de Wimereux, du pays de Bray, de la Meuse, de la Haute-Marne).

L'affaissement progressif se poursuivant, la mer continuait son invasion; ses flots gagnaient même la Meuse durant une très courte période, y apportant, en maints endroits (Brillon, Combles, Saint-Dizier), des formes purement valanginiennes : bryozoaires et gastropodes plus ou moins brisés, un échinide des marnes d'Arzier (*Pseudodiadema Guirandi*). Ces fossiles sont localisés à la partie supérieure des sables, c'est-à-dire dans des couches subordonnées à des assises contenant une faune nettement hauterivienne.

La transgression s'accentue ensuite et la mer hauterivienne recouvre non seulement tous les dépôts précédents, mais elle s'étend largement vers le Nord, ainsi que depuis la Loire jusqu'à l'Ornain. Le calcaire à *Toxaster retusus* se dépose avec une concordance apparente jusque sur le Portlandien alors que, dans la Meuse, la faune reptilienne, terrestre et lagunaire, surprise par l'invasion marine, est anéantie; on s'explique ainsi la présence, dans cette région, des nombreux vestiges appartenant aux formes dont j'ai parlé précédemment (1).

En résumé, les horizons inférieurs au Calcaire hauterivien de la Meuse et de la Haute-Marne ont été formés bien avant les dépôts marins du Valanginien supérieur de l'Yonne et de l'Aube : ce sont des faciès lagunaires correspondant, selon toute probabilité, au Valanginien inférieur du Jura et de la Suisse.

---

(1) Georges Corroy, *Les reptiles néocomiens et albiens du Bassin de Paris* (*Comptes rendus*, t. 174, 1922, p. 1192).

GÉOGRAPHIE PHYSIQUE. — *Sur la morphologie du Bas-Morvan.* Note de M. **Boit.**

En Morvan septentrional, les « ouches » sont des vallées sans drainage superficiel; sèches en apparence, elles ont, quelle que soit leur altitude, l'allure de bas-fonds confus. Les thalwegs présentent des ressauts portant des seuils d'aval parfois plus élevés que les seuils d'amont.

Des observations m'ont amené à considérer les « ouches » comme des vallées en voie de comblement par la descente des arènes. Déjà Levainville, dans sa Thèse de doctorat [1], avait signalé la profondeur croissante des puits depuis les crêtes jusqu'aux thalwegs. J'ai, en Bas-Morvan, constaté l'épaississement de la couche arénacée le long de la ligne de plus grande pente des versants.

Prés de Montsauche, en allant aux Settons, la route décrit une grande courbe de près de 2^{km} en s'élevant à la cote 640 environ. Sur le côté droit de la route, à 541^{m}, les premières carrières établies par le service vicinal accusent une épaisseur d'arène de 6^{m} à 7^{m}, sans atteindre la roche du soubassement, tandis qu'au sommet 641, cette couche n'a que 20^{cm} ou 30^{cm}.

De Montsauche à Planchez, par la route, la carrière de granite, près du point 605, ne montre que 20^{cm} d'arène. Plus bas, dans la granulite, un trou creusé dans les arènes de tufs porphyriques m'a indiqué une couche meuble de 5^{m} au moins.

Au nord-ouest de Montsauche, sur la route de Châtillon-en-Bazois à Avallon, à la sortie de Lormes, le mamelon 455, belvédère couronné de sapins, ne possède que le feutrage végétal. A gauche de la route, la même remarque peut être faite aux carrières de granite. Dans la descente, l'arène augmente et atteint plusieurs mètres au delà de Grand-Prè, à moins de 400^{m} d'altitude.

Enfin, sur la route de Chatellux à Magny, aux descentes sinueuses du Moulin Cadoux, la fraîcheur des talus permet, en particulier sur la rive gauche du Cousin, de suivre pas à pas cet épaississement vers les bas-fonds.

Il est donc évident que l'épaisseur de l'arène croît progressivement le long des pentes. Dans les terrains éminemment perméables du Morvan, couverts de bois et de pâturages, seule une descente du sol meuble, par solifluxion, peut expliquer cette particularité.

Le glissement des arènes sur les pentes ne se produit pas en général par

---

(1) Levainville, *Le Morvan. Étude de géographie humaine*, p. 87-89. Paris, Armand Colin; 1908.

une progression insensible, mais par saccades, avec formation de « rideaux ». Sur ceux-ci, les haies de clôtures ont été installées.

Les rideaux sont plus ou moins parallèles aux thalwegs, comme on l'observe entre Lormes et Saulieu.

Près des gares d'Alligny et de Montsauche, des séries de ressauts de 1^m à 2^m de haut se superposent sur un développement dépassant 1^{km}.

Sur la rive occidentale des Settons, les rideaux, sans doute les plus nets du Morvan, se trouvent à la hauteur des quelques maisons d'Outre-Cure. L'un d'eux, dans une clairière de fougères, s'étale à 80^m environ au-dessus du lac, parallèlement au cours de la Cure.

A Marrault, au barrage de l'étang du Dessous, dans les prés à gauche de la route de Chatellux, une série de petits rideaux en escalier s'alignent du NW au SE, comme le rivage et aussi comme l'axe des deux étangs du Dessus et du Dessous. L'ensemble forme des angles de 60° environ, avec le filon-faille de porphyre pétrosiliceux et la traînée synclinale houillère de Sincey-les-Rouvray.

Enfin, à la sortie de Saint-Martin-du-Puy, des rideaux de plus de 2^m d'épaisseur s'observent parallèlement au thalweg drainé plus bas et nord par le ruisseau de Berges.

Ainsi aucune relation n'existe entre la direction des fractures et celle des rideaux, pas plus ici que dans la craie de Picardie (1).

La formation des rideaux du Morvan apparaît comme régie par la pesanteur. Or, en l'absence de tout ruissellement, seule l'interprétation de M. Louis Gentil permet l'explication du phénomène.

Le sol meuble est une masse très imparfaitement fluide, obéissant aux lois d'écoulement des liquides visqueux. Ainsi s'explique l'empâtement des formes; les vallées se comblent sous l'apport des coulées de solifluxion; descendues le long des pentes, les eaux superficielles sont submergées et disparaissent progressivement dans la masse des arènes.

Les faits intéressants apportés par Mlle Brepson (2) pour la région très limitée de Saulieu reçoivent ainsi une confirmation et méritent d'être étendus à tout le Bas-Morvan. Ces faits sont donc susceptibles d'une généralisation et permettent d'envisager la morphologie du Morvan cristallin sous un jour nouveau, à la lumière des phénomènes de désagrégation superficielle et de solifluxion.

---

(1) Louis Gentil, *Comptes rendus*, t. 169, 1919, p. 145 et 291; t. 170, 1920, p. 891; t. 171, 1921, p. 921.

(2) Mlle Brepson, *Comptes rendus*, t. 175, 1922, p. 705.

PHYSIQUE DU GLOBE. — *Deux catégories de courants telluriques.* Note de M. **Marc Dechevrens**, présentée par M. Branly.

En octobre 1918, j'ai donné communication à l'Académie de la forme d'une *marée électrique* que prenait, à Jersey, le courant tellurique observé sur des conducteurs nus souterrains. Malgré la publicité que j'ai essayé de donner à ce fait, personne ne l'a corroboré par des observations soit récentes, soit anciennes.

Cependant l'*Étude des courants telluriques* (1854) de E.-E. Blavier parle (p. 11) d'observations faites en 1879 par l'ingénieur anglais, J.-S. Adams, sur la grande ligne télégraphique de Londres à Cardiff (environ 200^{km}) et qui auraient entraîné cette conclusion que les variations du courant tellurique y étaient réglées sur les variations des phases de la Lune. Blavier déclare que les observations faites étaient trop peu nombreuses pour justifier pareille conclusion et qu'il ne pouvait être question d'une influence lunaire quelconque sur les courants telluriques. Cette condamnation des observations et des conclusions de J.-S. Adams avait une portée bien plus grande qu'elle ne le laissait voir, car elle tombait du même coup sur d'autres observations entraînant la même conclusion qui furent révélées dans la même réunion de février et dans celle d'avril 1881 de la *Society of Telegraph Engineers and Electricians*. Je réussis à trouver à Londres le volume de 1881 du journal de cette Société. Je résume ici très brièvement les faits rapportés dans ces circonstances :

En 1851, Charlton Wollaston observe, à sa grande surprise, l'influence de la Lune, ou plutôt de la marée, sur le câble récemment posé entre Douvres et Calais. Il s'en ouvre, en 1854, au célèbre physicien Faraday qui, non seulement approuve sa conclusion, mais lui montre par un de ses Ouvrages qu'il avait prévu et prédit cette action de la marée du Détroit sur les conducteurs qu'on pourrait tendre entre Shakespear Cliff et le cap Grisnez.

Le même ingénieur ajoute que, peu après cette entrevue, il avait constaté la même influence de la marée de la Tamise à East Greenwich sur une ligne.

En 1858, H.-C. Saunders, envoyé à Valencia, en Irlande, pour faire des observations du courant tellurique sur un tronçon de 300 milles du câble transatlantique rompu depuis près d'une année, y observe nettement l'influence de la marée.

En 1871, le même ingénieur, envoyé à Aden pour renouveler ses observations sur un tronçon de 106 milles du câble rompu avec Suez, y retrouve encore l'influence de la marée sur les variations du courant tellurique.

En 1873, James Graves fait des observations sur une ligne qu'on ne précise pas. Ces observations, étudiées en 1878 par l'ingénieur J.-S. Adams, lui montrent assez clai-

rement que les variations du courant tellurique avaient subi une influence lunaire. Pour mettre ce fait en pleine lumière, il s'associe quatre collaborateurs et, à la fin de mars 1879, il entreprit une lunaison d'observations très serrées sur la grande ligne de Londres à Cardiff (200^{km} environ), probablement la même que James Graves avait utilisée. L'étude de cette belle série d'observations, repoussée cependant par Blavier comme insuffisante, conduisit J.-S. Adams à la conclusion ferme que la Lune exerçait une sérieuse influence, par la variation de ses phases, sur les variations du courant tellurique dans cette ligne. Les observations et la conclusion furent communiquées, le 10 février 1881, à la Société des Ingénieurs télégraphistes, à Londres.

En 1881 (avril), M. Dresing annonce à cette même Société que les révélations faites à la réunion de février lui ont valu une lettre d'un ami écossais qui lui apprenait que le courant tellurique dans le câble d'Écosse en Norvège avait ses variations nettement réglées sur la marée de la mer du Nord.

En 1885, Raymond Barker observe l'influence de la marée de l'Atlantique sur le câble de Madeire à l'île Saint-Vincent (*Electrical Review*, 1919).

Voilà, en 34 années, huit cas d'influence lunaire, par l'intermédiaire de la marée, sur le courant tellurique soit dans les lignes aériennes, soit dans les câbles sous-marins, observés et formellement affirmés. Un neuvième cas sera la marée électrique que j'observe à Jersey depuis 7 années et demie et qui se trouve enfin pleinement corroboré par les cas antécédents.

Je puis donc déclarer qu'à la catégorie des courants telluriques *continentaux*, il faut associer la catégorie des courants telluriques *marins*.

Comment distinguer les uns des autres? Les courants continentaux ont une variation diurne constituée, comme celle des courants marins, de deux sortes d'ondes, l'une de 12 heures, l'autre de 24 heures; cette onde de 24 heures, très importante, impose son maximum au milieu du jour et son minimum au milieu de la nuit : la variation diurne est fixe. Dans les courants marins, l'onde de 24 heures s'efface, au contraire, devant l'onde de 12 heures, dont les deux parties restent à peu près égales. Il y a autre chose encore : la variation diurne du courant marin, considérée, non plus isolément, mais en une série mensuelle, a une durée exacte de 24 heures et 50 minutes; les maxima et les minima retardent donc de 50 minutes d'un jour au suivant. Ils se comportent là comme ceux de la marée océanique et c'ést pourquoi j'ai appelé la variation du courant tellurique marin une *marée électrique*. Cette sorte de variation est manifestement sous une influence indirecte de la Lune.

De ces particularités de chaque catégorie de courants telluriques on peut déduire une théorie probable de leurs origines. Considérés dans leurs causes premières ils auraient une commune origine : ils dériveraient de l'attraction composée du Soleil et de la Lune et de la radiation calorifique du Soleil sur notre Terre. Considérés dans leurs causes immédiates, ils

résulteraient des différences de potentiels électriques qui accompagnent les mouvements moléculaires excités dans l'écorce de notre globe par les deux causes premières. L'attraction se laisserait reconnaître dans l'onde électrique de 12^h, la radiation dans celle de 24^h.

Il ne faut pas perdre de vue que l'attraction des astres est aussi effective sur l'écorce nue que sur les eaux qui recouvrent les deux tiers de sa surface; les deux ondes mères, à l'équateur, ont pour hauteur $0^m,34$. Seulement, tandis que le gonflement des terrains découverts reste sensiblement constant et très faible, le gonflement de l'Océan, se propageant vers les rivages par des fonds de plus en plus relevés, se traduit au fond de la Manche, à Jersey, par une dénivellation de marée de 14^m aux équinoxes.

Quant aux effets de la radiation calorifique du Soleil, ils sont infiniment plus petits sur les océans que sur les continents.

Les conséquences de ces contrastes sont faciles à tirer. Sur les continents, prédominance des effets de la radiation qui sont maxima vers midi et minima vers minuit; donc la variation diurne résultante sera représentée par deux ondes (celles de l'attraction) dont celle du jour sera exagérée et celle de la nuit amortie. Sur les rivages, prédominance des effets de l'attraction qui sont deux maxima et deux minima égaux; donc la variation diurne résultante sera représentée par ces deux maxima et ces deux minima à peine modifiés par l'onde de radiation très faible.

Si j'ai élargi le domaine des courants telluriques, je veux aussi en faciliter les observations. Si l'on enterre à 1^m de profondeur et à 20^m, 15^m et même 10^m de distance l'une de l'autre, deux plaques de cuivre rouge de 20^{cm} à 25^{cm} de côté, aussi semblables que possible, prenant la précaution de bien isoler en terre les fils, rivés aux plaques et destinés au galvanomètre d'observation, on se sera créé une excellente ligne pour l'étude des courants telluriques. A Jersey, j'ai substitué deux lignes croisées de 13^m aux conducteurs souterrains primitifs.

PHYSIQUE DU GLOBE. — *Sur les recherches de coloration naturelle effectuées au Pic du Midi, d'après les expériences de J. Bouget.* Note de M. C. **Dauzère**, présentée par M. Brillouin.

Dans deux Notes récentes, M. J. Bouget a rendu compte des observations et expériences qu'il a faites au Pic du Midi, sur la coloration des fleurs ([1]).

([1]) *Comptes rendus*, 1922, t. 174, p. 1723, et t. 175, p. 900.

es teintes les plus éclatantes ont été obtenues au bord des névés en fusion, sous l'action d'une intense radiation solaire; elles sont favorisées par la présence autour de la plante de certains sols, en particulier de sols argileux.

Des tissus végétaux très divers : feuilles, branches, fruits, racines, placés dans les mêmes lieux, ont été colorés en rouge pourpre d'une manière analogue.

M. Bouget attribue ces colorations à l'action du milieu qui entoure la plante. Il semble que ce milieu soit fortement ionisé. La chaleur solaire provoque une évaporation intense de l'eau de fusion des neiges; une condensation partielle doit se produire à la suite, au contact de l'air froid et du névé. Ainsi sont introduites dans l'atmosphère les particules d'eau invisibles, qui forment les supports des gros ions de M. Langevin ([1]).

Les rayons ultraviolets, particulièrement intenses aux hautes altitudes, sont les agents actifs de l'ionisation; ils sont très aptes à produire des réactions chimiques : les pigments qui colorent les fleurs se formeraient sous leur influence.

Leur action serait probablement insuffisante pour expliquer les effets observés. La cause la plus efficace de l'ionisation atmosphérique est en effet la radioactivité du sol et de l'*émanation* qui s'en dégage. Or on sait que le rayonnement γ des corps radioactifs produit aussi des réactions chimiques; on peut admettre qu'il agit en même temps que les rayons ultraviolets. L'influence des sols argileux, qui sont les plus radioactifs, s'expliquerait alors parfaitement.

Des faits très nombreux viennent à l'appui de cette hypothèse. Nous décrirons aujourd'hui l'un des plus remarquables : *la coloration du verre blanc ordinaire en violet améthyste*, qui se produit spontanément à haute altitude, dans les lieux mêmes où les colorations des fleurs sont les plus belles (creux abrités du vent, exposés au sud, à sol argileux non gazonné).

M. Bouget, qui avait observé une fois par hasard cette coloration, n'a pas hésité à l'attribuer à la même cause que celle qui agit sur les tissus végétaux. Pénétré de cette idée, il a placé des fragments de verre de diverses provenances dans ces mêmes lieux et dans d'autres où étaient réalisées des conditions opposées; il les a abandonnés pendant plusieurs mois à l'action des agents atmosphériques. Il a répété l'expérience pendant plusieurs années consécutives avec des durées d'exposition variables, à des saisons différentes et à diverses altitudes. Les résultats déjà obtenus sont les suivants :

([1]) *Le Radium*, 1912, p. 163.

1° Aucun changement n'a été observé dans les fragments placés sur un sol en relief marqué, exposé au Nord ou gazonné.

2° Les fragments qui avaient, avant l'exposition, une légère coloration, n'avaient subi aucun changement bien net, quel que fût le lieu d'exposition.

3° Les fragments, primitivement incolores, placés dans les lieux privilégiés où se colorent les tissus végétaux, étaient plus ou moins teintés en violet améthyste, d'une façon uniforme dans toute la masse.

4° La coloration ainsi obtenue est permanente; elle n'éprouve aucun changement avec le temps, après que l'exposition a cessé. J'ai vérifié, d'autre part, qu'elle disparaît sous l'action de la chaleur et ne reparaît pas par refroidissement.

5° L'intensité de la coloration, pour un échantillon donné, va en augmentant avec la durée d'exposition.

6° La coloration est d'autant plus intense que l'altitude du lieu d'exposition est plus grande.

7° La forme des fragments de verre a une influence notable, ainsi que leur orientation par rapport au sol. Aucune coloration n'a été observée pour des fragments à surface plane, tels que des débris de vitre. Au contraire, des morceaux de flacons et de verres à boire, à courbure prononcée, se colorent bien, surtout lorsque la concavité est tournée vers le sol. La coloration la plus intense a été réalisée avec la partie inférieure, restée intacte, d'un verre à boire cassé, dont l'ouverture appuyait sur le sol, de manière à réaliser une enceinte complètement fermée.

La coloration naturelle du verre en violet améthyste, à haute altitude, a déjà été signalée par Sir William Crookes (1), qui l'a observée à Uyni (Bolivie) à 4000^{m} d'altitude. Elle est produite, d'autre part, au laboratoire par les rayons ultraviolets, les rayons X, le rayonnement γ des corps radioactifs (2), agissant sur des échantillons contenant du manganèse, d'après MM. Marcellin et Daniel Berthelot.

Toutes les particularités observées s'expliquent en admettant que les verres primitivement incolores de M. Bouget contenaient du manganèse et que les causes précédentes agissent dans la nature (sauf les rayons X); on sait que l'intensité de ces divers facteurs augmente avec l'altitude

(1) *Le Radium*, 1905, p. 179. M. Franz Fisher, qui signale cette observation, l'explique par l'action des rayons ultraviolets.

(2) *Comptes rendus*, t. 143, 1906, p. 477, et t. 145, 1907, p. 818.

comme celle des colorations. L'influence de la nature et du relief du sol, celle de la forme et de la position des fragments, doivent être attribuées à l'émanation radioactive, qui s'accumule dans des creux abrités du vent, dans des enceintes fermées, comme celle que forme un gobelet renversé.

Les expériences que nous venons de décrire et l'essai d'explication que nous en donnons montrent le rôle important que peut jouer l'ionisation et la radioactivité de l'atmosphère dans les phénomènes naturels. Elles indiquent l'intérêt considérable qu'il y aurait à effectuer à grande altitude des mesures précises d'ionisation et de radioactivité. Elles permettent de comprendre les services très grands que peut rendre à la science, à ce point de vue, un Observatoire de haute montagne, comme celui du Pic du Midi.

MAGNÉTISME TERRESTRE. — *Perturbation de la déclinaison magnétique à Lyon pendant l'année* 1921-1922. Note de M. **Ph. Flajolet**, présentée par M. Baillaud.

Les relevés des courbes du déclinomètre enregistreur de l'Observatoire pendant l'année 1921-1922 fournissent la répartition suivante des jours perturbés :

	Mois.	Calmes.	Avec perturbations de :			
			1' à 3'.	3' à 7'.	7' à 15'.	15' à 30'.
1921.	Décembre	6	7	8	10	
1922.	Janvier	3	13	9	5	1
	Février	3	6	13	6	
	Mars	2	11	12	5	1
	Avril	5	7	9	8	1
	Mai	8	10	7	6	
	Juin	10	10	7	3	
	Juillet	6	11	10	3	1
	Août	2	13	8	8	
	Septembre	14	8	5	3	
	Octobre	2	11	10	8	
	Novembre	10	13	3	4	
	Total	71	120	101	69	4

La comparaison avec l'année précédente montre une augmentation sensible du nombre des perturbations. En effet, le nombre des jours calmes ou très faiblement perturbés qui avait atteint 223 en 1920-1921 n'est plus cette année que de 191, et celui des jours marqués par des perturbations d'intensité moyenne (3' à 15') passe de 130 à 170.

Par contre, le nombre des jours fortement perturbés est très faible : 4 (année précédente 10).

MAGNÉTISME TERRESTRE. — *Mesures magnétiques dans le sud-est de la France (rive gauche du Rhône).* Note de M. **R. Dongier**, transmise par M. Daniel Berthelot.

La sixième section du Comité Français de l'Union géodésique et géophysique internationale a décidé de poursuivre l'établissement d'un nouveau réseau magnétique de la France. Dans ce but, elle a fait appel à différents collaborateurs et m'a confié la mission d'explorer le Sud-Est.

Les mesures magnétiques que j'ai l'honneur de soumettre à l'Académie se rapportent à 46 stations comprises dans sept départements (Drôme, Hautes-Alpes, Vaucluse, Basses-Alpes, Bouches-du-Rhône, Var, Alpes-Maritimes); 45 de ces stations ont été visitées en août et septembre 1921; la 46e (Malaucène) l'a été en juillet 1922.

Toutes les stations, que Moureaux avait choisies dans cette région figuraient, au nombre d'une trentaine, dans le programme qui m'avait été tracé; mais certaines d'entre elles n'ont pu être conservées à cause des perturbations provoquées par la traction en courant continu; on a dû leur en substituer d'autres, aussi rapprochées que possible des anciennes, où ces influences étaient négligeables. Ainsi Aix-en-Provence a été remplacé par la Calade; Aubagne par Gemenos; Marseille par le Frioul (île Ratonneau); Toulon par la Seyne-Tamaris; Monte-Carlo par la Turbie, etc. Le courant alternatif, au contraire, ne semble pas exercer une action sensible lorsque la ligne aérienne se trouve à plus de 300 mètres du point où l'on opère.

On s'est servi d'instruments de voyage, du même modèle que ceux utilisés par Moureaux (théodolite-boussole et boussole d'inclinaison de Brünner, construits par M. Chasselon).

Le Tableau suivant donne les éléments magnétiques réduits au 1er janvier 1922. Les stations ont été rangées par ordre de latitudes décroissantes; celles où les mesures ont été faites aux mêmes emplacements que ceux de Moureaux, ou en des points suffisamment rapprochés de ces derniers, sont inscrites *en italique*.

Station.	D.	I.	H.	Situation magnétique.
	° ′	° ′		
Valence (Drôme)	10.47,1	60.55,0	0,21770	calme
Briançon (Hautes-Alpes)	9.39,6	60.42,0	0,21734	agitée
Livron (Drôme)	10.30,3	60.51,2	0,21676	presque calme
Die »	10. 8,9	60.41,2	0,21687	calme
Montélimar »	10.33,4	60.41,8	0,21768	calme
Gap (Hautes-Alpes)	9.58,8	60.32,4	0,21859	calme
Embrun »	9.39,1	60.25,1	0,21883	calme
Dieulefit (Drôme)	10.15,4	60.35,4	0,21858	calme
Aspres-sur-Buesch (Hautes-Alpes)	10. 1,1	60.33,8	0,21877	calme
Barcelonnette (Basses-Alpes)	9.34,0	60.17,3	0,22006	très agitée
Nyons (Drôme)	10.22,3	60.35,7	0,21948	calme
Sisteron (Basses-Alpes)	9.58,6	60.17,6	0,22072	calme
Malaucène (Vaucluse)	10.16,6	60.19,0	0,22032	peu agitée
Orange »	10.27,1	60.25,0	0,22113	calme
Digne (Basses-Alpes)	10. 1,5	60. 4,2	0,22082	calme
Sault (Vaucluse)	10.27,0	60. 5,7	0,21964	peu agitée
Carpentras »	10.17,1	60.10,6	0,22075	calme
Sorgues »	10.24,5	60.22,7	0,22078	calme
Forcalquier (Basses-Alpes)	10. 1,5	59.55,0	0,22119	presque calme
St-André de Méouilles (Basses-Alpes)	9.39,0	59.57,1	0,22121	calme
Puget-Théniers (Alpes-Maritimes)	9.29,0	59.50,2	0,22096	calme
Avignon (Vaucluse)	10.20,0	60. 4,3	0,22115	calme
Apt »	10.10,7	59.51,4	0,22174	peu agitée
La Vésubie (Alpes-Maritimes)	9.21,2	59.36,0	0,22238	calme
Castellane (Basses-Alpes)	9.38,6	59.55,1	0,22143	calme
Cavaillon (Vaucluse)	10.17,4	60. 2,2	0,22161	presque calme
Saint-Rémy (Bouches-du-Rhône)	10.25,5	59.57,4	0,22125	calme
La Turbie (Alpes-Maritimes)	9.13,5	59.41,4	0,22220	presque calme
Nice »	9.16,6	59.38,5	0,22242	peu agitée
Arles (Bouches-du-Rhône)	10.30,4	59.52,0	0,22188	calme
Antibes (Alpes-Maritimes)	9.27,8	59.40,4	0,22276	calme
Miramas (Bouches-du-Rhône)	10.13,1	59.47,4	0,22278	calme
Aix (la Calade) »	10.10,4	59.36,3	0,22262	calme
Draguignan (Var)	9.37,3	59.47,1	0,22291	calme
Istres (Bouches-du-Rhône)	10.19,8	59.46,1	0,22265	calme
Rognac »	10. 9,3	59.29,2	0,22155	calme
Pourcieux (Var)	9.53,8	59.39,1	0,22314	peu agitée
Les Arcs »	9.35,6	59.28,6	0,22301	calme
Agay »	9.20,5	59.29,8	0,22319	calme
Port-de-Bouc (Bouches-du-Rhône)	10. 7,5	59.33,6	0,22319	calme
Brignolles (Var)	9.44,3	59.33,2	0,22352	calme
Gemenos (Bouches-du-Rhône)	9.58,2	59.20,6	0,22465	calme
Carnoule (Var)	10.32,5		0,22422	presque calme
Marseille (Le Frioul) (Bouches-du-Rhône)	10. 0,0	59.23,0	0,22436	calme
La Seyne-Tamaris (Var)	9.48,4	51.13,9	0,22531	presque calme

Les mesures précédentes, comparées à celles de Moureaux pour les stations communes, donnent la variation séculaire des éléments magnétiques entre le 1er janvier 1896 et le 1er janvier 1922. La moyenne de cette variation pour les stations visitées est de

Pour la déclinaison..................	$-3^{\circ}2'$
Pour l'inclinaison..................	$-46'$
Pour la composante horizontale.......	0,0020

Ces valeurs diffèrent quelque peu de celles obtenues à la station centrale du Val-Joyeux ($-2^{\circ}58'$, $-0^{\circ}32'$, 0,0015).

Pour la déclinaison et la composante horizontale, les écarts par rapport à la valeur moyenne n'apparaissent pas comme répartis d'une manière quelconque. Entre les stations des Bouches-du-Rhône et celles des Hautes-Alpes, le chiffre moyen de la variation séculaire de la déclinaison s'élève de $3^{\circ}0'$ à $3^{\circ}4'$; celui de la composante horizontale s'abaisse de 0,0024 à 0,0018. En ce qui concerne l'inclinaison, les écarts à la valeur moyenne sont distribués au hasard et ne dépassent pas ceux pouvant résulter des erreurs d'observation.

En juillet et août 1922, j'ai exécuté des mesures dans la région nord de la rive gauche du Rhône. Au début de cette nouvelle campagne, les observations effectuées, à titre de contrôle, dans quatre des stations déjà visitées en 1921 (Carpentras, Cavaillon, Livron et Valence) se trouvent en parfait accord avec celles de l'année précédente.

BIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Mosaïque héréditaire chez le Pois* (Pisum sativum *L.*). Note de M. L. Blaringhem, présentée par M. L. Guignard.

J'ai signalé à l'Académie [1] une sorte de Pois à embryons verts, dérivée avec les caractères d'une mutation de la variété à embryons jaunes *Pariser Gold*, classée dans *Pisum sativum* sect. *axiphium* d'Alefeld; elle se comporte comme une *variété instable* au point de vue de l'hérédité, en ce sens que les verts, d'ordinaire récessifs et purs dans leur descendance, donnent ici des proportions variables de verts, de jaunes, et de panachés mi jaunes-mi verts. En réalité, cette lignée se comporte comme une mosaïque hybride, à la façon de nombreuses races de plantes à fleurs striées, et son étude fournit des indications précieuses sur ce mode particulier d'hérédité.

---

(1) *Hérédité anormale de la couleur des embryons d'une variété de Pois* (*Comptes rendus*, t. 175, 1922, p. 877).

1° Il est incorrect de dire que la couleur verte des embryons de ma lignée n° 9 du *Pariser Gold* domine, dans les croisements, la couleur jaune normale. J'ai réalisé plusieurs hybrides, en 1922, entre le type vert et le type jaune et dans tous les cas j'ai obtenu, en première génération, exclusivement des embryons jaunes; la *dominance du jaune* est *totale* et il n'y a aucune forme intermédiaire. Nous nous trouvons, d'autre part, en présence d'un cas tout différent de celui présenté par le *Pisum Goldkönig* de O. E. White (1916) où le vert domine le jaune avec ségrégation indiquant la présence de trois facteurs indépendants.

2° La variation type, à grains vert pâle, donne naissance, au total, à une *faible proportion de Pois jaunes* franc. Les lignées cultivées pour cette vérification ne m'en donnent guère plus de 5 pour 1000, si l'on prend les résultats d'ensemble, et toujours il y a des grains mixtes, plus nombreux que les jaunes, parfois dans les cosses mêmes qui donnent les verts et les jaunes, plus fréquemment dans les cosses voisines de celles où apparaissent les Pois jaunes franc. Les lignées (921, 922, 923) dont j'ai décrit la descendance en 1921 sont exceptionnelles et très riches en disjonctions jaune et mixte; la plupart des autres lignées sont pauvres et se comportent comme la lignée 920 que je vais prendre pour exemple dans cette Note.

3° Tous *les grains jaunes* franc, dérivés de verts, ou de mixtes, *n'ont donné* jusqu'ici *que des jaunes* franc; le nombre des descendants de contrôle observés au cours des trois dernières générations s'élève à plus de 3000. Autrement dit, la mutation initiale, obtenue en 1913, n'a pas été observée depuis; 7 pois jaunes striés de vert récoltés avec 1021 jaunes sont manifestement peu mûrs.

4° *Les embryons mixtes et intermédiaires donnent une majorité d'intermédiaires* avec variations échelonnées de jaunes-blancs, de mi blancs-mi verts, de jaunes-verts, de vert franc et de vert foncé; mais alors que la teinte jaune l'emportait en 1921, année chaude et sèche à maturation précoce, la fréquence des verts est plus élevée en 1922, année humide et froide, entraînant une maturation tardive (1-15 août).

5° Une lignée d'embryons verts, dérivant d'une plante ayant donné 20 embryons verts, 1 embryon mi vert-mi jaune et 1 embryon jaune, cultivée sous le n° 920 — 1, a fourni dans la descendance des verts (920 — 1 *v*) une série de particularités qui caractérise bien les *traits généraux de la disjonction*. Sur 20 graines vertes semées, 17 plantes ont été obtenues dont 10 ne donnent que des embryons verts, les 7 autres se comportant selon le Tableau. J'ai examiné chaque cosse de chaque pied dans son ordre sur la plante, qui est celui de la floraison et de la maturation successive à partir du bas; pour rendre les résultats plus tangibles j'ai donné le n° 5 à la cosse médiane,

les plantes les plus grêles n'ayant pas de cosses correspondant aux extrêmes inférieurs et supérieurs :

Répartition des couleurs vert, mixte, jaune des embryons dans les cosses de niveaux échelonnés de Pisum 920 — 1 *v* (1922).

Plantes	A.	B.	C.	D.	F.	G.	H.	Ensemble.
Cosse (haut) 9	»	»	6*v*	»	2*v*	»	2*v*	10*v*
» 8	5*v*	»	4*v*	»	5*v*	»	4*v*	18*v*
» 7	5*v*	»	4*v*	»	4*v*	2*v*+2*m*	4*v*	19*v* + 2*m*
» 6	3*v* + 1*j*	2*m*	1*v* + 3*j*	2*j*	3*v* + 1*j*	5*m*	3*v*	10*v* + 7*m* + 7
Cosse (milieu) 5	3*v* + 1*j*	4*m*	5*v*	2*m*	5*j*	3*v* + 2*j*	3*v* + 1*m*	14*v* + 7*m* + 8
» 4	3*v*	6*v*	4*v*	5*v*	2*v* + 1*j*	5*m*	4*v*	24*v* + 5*m* + 1
» 3	2*v*	1*v*	2*m*	»	3*v* + 1*j*	3*m*	3*v*	9*v* + 5*m* + 1
» 2	»	»	2*v*	»	5*v*	»	3*v*	10*v*
Cosse (bas) 1	»	»	»	»	4*v*	»	»	4*v*
								118*v* + 26*m* + 17

(*v* = embryon vert; *m* = embryon mixte; *j* = embryon jaune.)

On constate, dans la colonne des résultats d'ensemble, que la disjonction est nulle dans les cosses du bas et du haut de diverses plantes, qu'elle est maxima, avec très grande fréquence relative des jaunes *j* par rapport aux verts pour les cosses 5 et 6 du milieu de la plante; que *la phase de disjonction totale qui fournit les jaunes épurés est précédée d'une phase de production d'embryons mixtes* (cosses 3 et 4) et suivie d'une phase courte et accidentelle (1 seule plante G) donnant aussi des mixtes. La plante G se caractérise d'ailleurs par la tendance à donner surtout des embryons mixtes et j'ai reconnu, par d'autres essais, que cette tendance se stabilise souvent lorsqu'on la trouve accentuée au degré où elle se présente ici.

Toutes les lignées 920, proches parentes de la précédente, telles que 920 — 3 *v*, ou 920 — 6 *v*, se comportent de même dans l'ensemble, mais, chez certaines, la phase de maximum de disjonction en jaunes est très précoce, limitée en 1922, à 1, 2, 3 cosses du bas des plantes. Il est étonnant, et je l'attribue au climat, qu'aucune plante n'ait montré la disjonction avec jaunes franc dans les cosses à maturation tardive.

La règle de la disjonction de la mosaïque est apparente; certaines conditions de croissance, en rapport avec le milieu ambiant, favorisent dans le cours de la vie des plantes instables la disjonction en verts, mixtes et jaunes. Le maximum de la disjonction dépend à la fois de la lignée et de l'année. *L'hérédité en mosaïque se manifeste par des altérations avec l'âge et le climat.*

EMBRYOGÉNIE VÉGÉTALE. — *Embryogénie des Malvacées. Développement de l'embryon chez le* Malva rotundifolia *L.* Note de M. **René Souèges**, présentée par M. L. Guignard.

C'est au *Senecio vulgaris* (1) et à l'*Urtica pilulifera* (2) que vient se rattacher le *Malva rotundifolia*, au point de vue du développement embryonnaire. Les règles qui président à la marche des segmentations sont semblables et les différentes parties du corps de l'embryon tirent leur origine des mêmes cellules embryonnaires primordiales.

Aux dépens du proembryon bicellulaire (*fig.* 1) se différencie une tétrade formée de deux cellules supérieures juxtaposées et deux cellules inférieures superposées (*fig.* 2, 3, 4). La tétrade, par bipartition de ses éléments, donne un proembryon octocellulaire possédant, dans la partie supérieure, quatre cellules circumaxiales (*fig.* 5). Parfois, l'un des deux éléments juxtaposés de la tétrade se segmente horizontalement ou obliquement; il apparaît ainsi, dans la région apicale, une cellule comparable à la cellule épiphysaire, qui prend naissance, par un processus absolument identique, chez le *Geum urbanum* (3). Mais, aux stades suivants, la symétrie ne tarde pas à se rétablir au sommet du proembryon et le cône végétatif de la tige, d'une manière générale, ne tire nullement son origine d'une cellule apicale unique, comme cela se produit chez les Boragacées (4), les Rosacées et les Caryophyllacées (5).

Le proembryon octocellulaire, par division de chacun de ses éléments, engendre un proembryon à seize cellules (*fig.* 6 et 7). Les quatre cellules-quadrants (*q*, *fig.* 5) se séparent, comme il a été expliqué au sujet de l'*Urtica pululifera*, pardes cloisons obliques prenant insertion sur la membrane périphérique et venant tomber au voisinage de l'axe sur la paroi horizontale inférieure. Il ne se forme donc pas d'octants et

---

(1) R. Souèges, *Embryogénie des Composées. Les premiers stades du développement de l'embryon chez le* Senecio vulgaris *L.* (*Comptes rendus*, t. 171, 1920, p. 254); *Les derniers stades du développement* (*Ibid.*, t. 171, 1920, p. 357).

(2) R. Souèges, *Embryogénie des Urticacées. Développement de l'embryon chez l'*Urtica pilulifera *L.* (*Comptes rendus*, t. 171, 1920, p. 1009). Voir surtout *Bull. Soc. bot. de France*, t. 68, p. 172, séance du 8 avril 1921.

(3) R. Souèges, *Embryogénie des Rosacées. Les premiers stades du développement de l'embryon chez le* Geum urbanum *L.* (*Comptes rendus*, t. 174, 1922, p. 1070); *Les derniers stades du développement* (*Ibid.*, t. 174, 1922, p. 1197).

(4) R. Souèges, *Embryogénie des Boragacées. Les premiers termes du développement de l'embryon chez le* Myosotis hispida *Schlecht* (*Comptes rendus*, t. 173, 1921, p. 726); *Les derniers stades du développement* (*Ibid.*, t. 173, 1921, p. 848).

(5) R. Souèges, *Embryogénie des Caryophyllacées. Les premiers stades du développement de l'embryon chez le* Sagina procumbens *L.* (*Comptes rendus*, t. 175, 1922, p. 709); *Les derniers stades du développement* (*Ibid.*, t. 175, 1922, p. 894).

ce n'est que d'une manière exceptionnelle que les parois de segmentation des quadrants prennent une direction horizontale.

Le proembryon à seize cellules est divisé en cinq étages : *q*, *m*, *n*, *o* et *p*. L'étage *q* correspond à la partie cotylée; l'étage *m* donne naissance à l'hypocotyle et aux initiales du cylindre central; aux dépens de *n* se différencient les initiales de l'écorce au

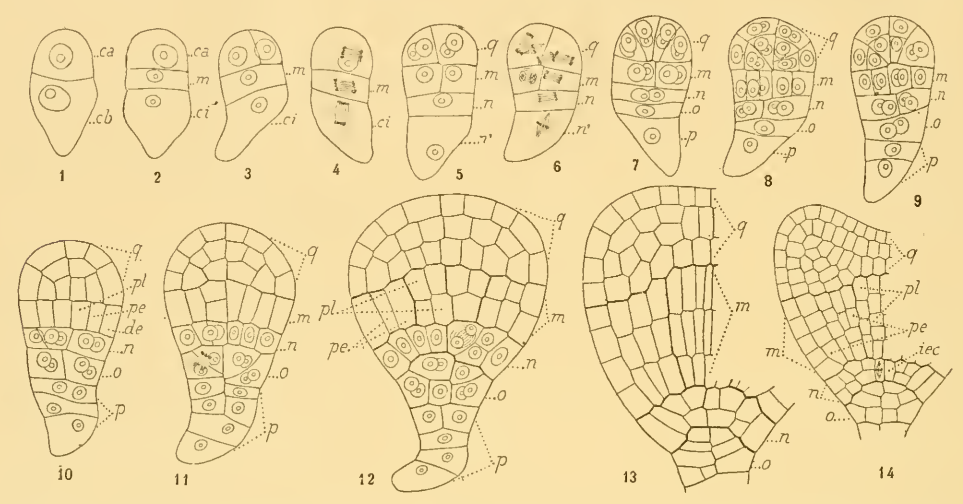


Fig. 1 à 14. — *Malva rotundifolia* L. — Les principales étapes du développement de l'embryon. *ca* et *cb*, cellules apicale et basale du proembryon bicellulaire; *m*, cellule intermédiaire, et *ci*, cellule inférieure de la tétrade; *q*, quadrants ou partie cotylée; *n* et *n'*, cellules filles de *ci*; *o* et *p*, cellules filles de *n'*; *de*, dermatogène; *pe*, périblème; *pl*, plérome; *iec*, initiales de l'écorce au sommet radiculaire. G. : 320; 160 pour la figure 14.

sommet radiculaire; aux dépens de *o* se constitue la portion centrale de la coiffe; enfin *p* engendre le suspenseur. La marche des segmentations dans chacun de ces cinq étages est analogue à celle qui a été décrite au sujet de l'*Urtica pilulifera* (*fig.* 8 à 14). Le nombre des assises d'initiales de l'écorce au sommet radiculaire est variable; généralement il se différencie deux assises, parfois une seule, assez souvent trois. Le suspenseur conserve une forme très irrégulièrement conique; il se compose de quelques éléments d'assez grandes dimensions qui ne se disposent pas en un filament aminci et dont l'inférieur, voisin du micropyle, ne se convertit pas en une vésicule haustoriale. Les cotylédons, comme on sait, atteignent un grand développement, en se courbant et se reployant sur eux-mêmes. Ces caractères morphologiques ne se retrouvent pas chez le *Senecio vulgaris* ni chez l'*Urtica pilulifera*.

Mais les caractères embryogénétiques, auxquels on est obligé de concéder une bien plus grande importance, sont exactement les mêmes dans les trois espèces. Les règles, très étroitement définies, selon lesquelles se succèdent les parois de segmentation sont absolument identiques dans les trois cas. Des rapports aussi serrés et aussi profonds sont certainement l'indice, chez les Composées, les Urticacées et les Malvacées, d'une affinité d'origine dont les formes adultes ne peuvent nullement donner une idée.

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Influence du formol sur les végétaux supérieurs.* Note de MM. E. et G. Nicolas, présentée par M. Gaston Bonnier.

Depuis que l'on admet que le méthanal constitue le premier degré dans la fixation photosynthétique du carbone atmosphérique, différents auteurs, notamment Bokorny, Bouilhac, ont observé que cette substance pouvait être utilisée par les organismes inférieurs (bactéries, champignons, algues); ainsi, des algues, désamidonnées après un séjour à l'obscurité, reconstitueraient de l'amidon à l'aide de l'aldéhyde formique qui leur était fourni artificiellement. De même, l'aloool méthylique susceptible de s'oxyder dans les cellules en CH^2O, activerait, à la dose de 4,5 pour 100, à la lumière, le développement du maïs [1] et favoriserait la végétation du pois, du haricot [2]. A ce sujet, les champignons sembleraient tolérer des doses d'alcool méthylique plus élevées (2-5 pour 100) que les autres organismes (0,5-1 pour 100 ou 2 pour 100 pour le haricot et le pois); nous avons fait la même remarque au sujet de l'hexométhylènetétramine [3]; il y a peut-être là une observation d'ordre général à retenir relativement à l'action de certaines substances toxiques sur les végétaux.

Voici un Tableau récapitulatif d'une culture de haricot variété « souvenir de Dreuil »; les chiffres indiquent les dimensions des organes en centimètres ou leurs poids en grammes :

1921 (2 avril-20 juin).	Témoin (Knop).	Knop + 0g,321 de formol.	Knop + 0g,803 de formol.
Racines :			
16 avril...	Principale : 16; radicelles nombreuses, blanches, les plus grandes : 10.	Principale : 0,5; quelques radicelles, brunes, courtes : 0,5 à 0,6.	Principale : 0,6; quelques radicelles, brunes, courtes : 0,5 à 0,6.
27 avril...	Principale : 21; radicelles presque aussi longues.	Principale : 2; radicelles : 1,2.	Principale : 1,6; radicelles : 0,8.
16 mai....	Principale : 29.	Principale : 7,5; radicelles : 3.	Principale reste courte; radicelles : 5.

---

(1) Mazé et Perrier, *Recherches sur l'assimilation de quelques substances ternaires par les végétaux à chlorophylle* (*Ann. Inst. Pasteur*, t. 18, 1904).

(2) Bokorny, *Ueber die Einwirkung von Methylalkohol und anderen Alkoholen auf grüne Pflanzen und Mikroorganismen* (*Centralblatt für Bakteriologie*, II Abteilung, t. 30, 1911).

(3) *Loc. cit.*

1921 (2 avril–20 juin).	Témoin (Knop).	Knop + 0g,321 de formol.	Knop + 0g,803 de formol.
20 juin...	Principale : 34 ; radicelles presque aussi longues.	Principale : 15 ; radicelles : 5.	Principale : 1,6 ; radicelles, brunes : 9,5 ; quelques-unes sur la tigelle.
Tigelle :			
16 avril...	7	0,8	0,7
27 avril...	8, *cotylédons tombés.*	1	0,9
16 mai....	8	4,8, *encore les cotylédons, charnus, verts.*	1, *encore les cotylédons, charnus, verts.*
20 juin...	8	5,5	1
Tige :			
16 avril...	1,4	Presque nulle, encore incluse dans les cotylédons.	Presque nulle.
27 avril...	4	0,4	1
16 mai....	4,5	0,8, cotylédons étalés, charnus, verts.	5, cotylédons étalés, charnus, verts.
20 juin...	6, épaisse (diamètres à la base) 0,5 × 0,55.	10,5, grêle, à allure grimpante (diamètres à la base : 0,45 × 0,45).	11,5, grêle, à allure légèrement grimpante.
Feuilles :			
16 avril...	Feuilles primordiales : 1,8 × 2.	Feuilles primordiales encore incluses dans les cotylédons.	Feuilles primordiales encore incluses dans les cotylédons.
27 avril...	Feuilles primordiales : 3 × 3,5 ; les autres encore à l'état de bourgeon.	Id.	Id.
16 mai....	1 feuille primordiale est tombée, l'autre : 3,8×4 ; les autres se développent.	Feuilles primordiales commencent à s'étaler.	Feuilles primordiales étalées : 1,4 × 1,5.
20 juin...	Feuilles primordiales tombées ; les autres sont encore vertes, quelques-unes jaunissent, les plus grandes : 3,5 × 3,5.	Feuilles primordiales tombées ; les autres sont encore vertes, quelques-unes jaunissent, les plus grandes 5 × 6.	Feuilles primordiales tombées ; les autres sont encore vertes, les plus grandes : 4 × 5.

Knop + 1g,606 de formol : Aucun développement ; dose déjà toxique.

Poids des racines..	1,370	1,290	0,620
Poids de la partie aérienne........	4,740	6,480	4,150
Poids total....	6,110	7,770	4,770

Il ressort de ce Tableau que le formol, tout au moins à la dose de 321^{mg} par litre de solution, quantité qui contient 125^{mg} environ d'aldéhyde, correspondant à près de 1^{dg} d'hexaméthylènetétramine, constitue un *aliment* pour le haricot, puisque, à la fin de l'expérience, la plante, cultivée en présence de cette substance, accuse un poids supérieur à celui du témoin.

On voit aussi que, *tant qu'il n'y a pas ou qu'il y a insuffisamment de chlorophylle, l'aldéhyde formique exerce une action toxique; dès que la chlorophylle peut jouer son rôle photocatalyseur, l'influence devient favorable* (pour la dose indiquée $= 321^{mg}$ de formol par litre).

Il y a là, croyons-nous, un fait intéressant au point de vue du mécanisme de l'assimilation du carbone, fait qui expliquerait pourquoi, dans les conditions normales, chez les plantes vertes, CH^2O, dont la synthèse est, cependant, continue, n'existe pas à l'état libre et ne peut, par suite, exercer son pouvoir toxique sur les cellules. L'aldéhyde formique, qui pénètre de l'extérieur dans la plante, manifeste sa toxicité en retardant le développement de celle-ci; mais, dès que la chlorophylle apparaît en quantité suffisante, cet aldéhyde libre est, en quelque sorte, photocatalysé, activé. Ainsi modifié, celui-ci se polymérise en hexoses, comme le fait, d'une manière ininterrompue, celui qui prend naissance dans la photosynthèse et qui est actif d'emblée, et, s'il est permis de faire intervenir la réaction entre le méthanal activé et les composés azotés minéraux, nitrate ou ammoniaque, on peut même supposer que le corps dont il s'agit contribue à la synthèse des substances quaternaires. Il est aisé de comprendre, dans ces conditions, que, jusqu'à une certaine dose, assez faible naturellement étant donnée la toxicité du produit, le formol puisse jouer le rôle d'un aliment pour les plantes à chlorophylle.

CYTOLOGIE VÉGÉTALE. — *Sur la nature et la fonction de l'appareil réticulaire de Golgi.* Note de M. **Manuel Sánchez y Sánchez**, présentée par M. J. Costantin.

Dans le but de savoir si les idées soutenues par Cajal [1] et ses élèves (Tello, Fañanás, Rio-Hortega, Castro et nous) concernant l'appareil de Golgi s'appliquaient à la cellule végétale, j'ai entrepris une série de

[1] Les recherches des biologistes espagnols sur l'appareil de Golgi ont été publiées dans *Trabajos del Laboratorio de Investigaciones biologicas* del Drs Ramon y Cajal. années 1913 à 1921.

recherches qui complètent les connaissances que nous possédons sur cet appareil, dans les cellules des végétaux, connaissances que nous devons aux travaux de Pensa, Smirnoff, Guilliermond et Mangenot, Drew (¹).

Ces recherches ont été effectuées sur les cellules de l'épiderme de la semence du *Faba vulgaris* en appliquant la méthode Achúcarro-Rio-Hortega ainsi que celles de Cajal et Da Fano. Ces méthodes fournissent des images très nettes du susdit appareil qui apparaît constitué par des granulations argentophiles contenues dans une autre substance qui les cimente, substance qui disparaît dans les procès physiologiques de la cellule laissant libres ces granulations.

Dans les cellules épidermiques de la semence de *Faba vulgaris*, ce réticule très compliqué est formé de trois parties : infranucléaire constituée par un grand trabécule ovoïde ; périnucléaire, composée par plusieurs trabécules qui entourent le noyau, et enfin supranucléaire ; dans cette partie les trabécules présentent l'aspect ordinaire du réticule de Golgi, s'étendant sur tout le protoplasma et s'entrelaçant les unes avec les autres (²).

On observe aussi des réticules fragmentés par rapport à l'état fonctionnel des cellules ; quelques-uns, dont les granules offrent un aspect de mitochondries, étant de grand intérêt. Ces états de destruction et reconstruction de l'appareil de Golgi se réalisent continuellement dans la cellule végétale. Quand ces cellules vieillissent, l'appareil de Golgi se fragmente sans nouvelle régénération ainsi que les autres organes cellulaires.

En tenant compte que le réticule de Golgi est d'autant plus développé que le procès d'oxydation de la cellule aura été plus grand, on peut penser, comme notre maître Cajal, que dans ce réticule se produisent certains ferments indispensables à la nutrition et au développement des cellules (³).

(¹) A. Pensa, *Alcune formazioni endocellulari dei vegetali* (*Anat. Anz.*, Bd 37, 1910). — A. Smirnoff, *Ueber die Mitochondrien und del Golgischen Bildungen analogue Strukturen in einigen Zellen von Hyacintus orientalis* (*Anat. Hefte*, Bd 32, 1906). — Guilliermond et Mangenot, *Sur la signification de l'appareil réticulaire de Golgi* (*Comptes rendus*, t. 174, 1922, p. 692). — A.-H. Drew, *Preliminary Tests, on the Homologue of the Golgi Apparatus in Plants* (*Journ. of the Royal Micros. Society*, April 1920).

(²) *Loc. cit.*, p. 1439.

(³) S.-R. Cajal, *Algunas varaciones fisiologicas y patologicas del aparate reticular de Golgi* (*Trab. del Lab. de Invest. biolog.*, t. 14, 1916).

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *La genèse des hydrates de carbone dans le blé. Présence de lévulosanes dans la tige.* Note de MM. **H. Colin** et **H. Belval**, présentée par M. Lindet.

Les seuls hydrates de carbone que renferment les feuilles de blé sont le saccharose et ses produits d'hydrolyse. Après épuisement du parenchyme par l'alcool fort, le résidu, traité par la diastase, ne livre pas trace de sucre réducteur; on s'efforcerait en vain d'y déceler l'amidon par la réaction à l'iode ou par l'examen microscopique.

Tant que la tige ne porte pas d'épis, elle ne contient pas d'autres substances hydrocarbonées que celles qui lui sont délivrées par les feuilles; toutefois le rapport $\frac{\text{sucre réducteur}}{\text{saccharose}}$ est, à cette époque, beaucoup plus grand dans la tige que dans les feuilles. Le pouvoir rotatoire global direct $[\alpha_1]$ (¹) est toujours positif; après inversion par les acides étendus, la déviation passe à gauche et le pouvoir rotatoire se rapproche de celui du sucre interverti.

L'amidon, les dextrines, le maltose n'existent à aucun moment dans la tige; les pouvoirs rotatoires avant et après hydrolyse; l'indice de réduction toujours très voisin de celui du saccharose, que l'inversion soit effectuée par la sucrase ou par les acides; le fait que l'addition de diastase, après le traitement par l'invertine, ne provoque aucune augmentation du pouvoir réducteur; toutes ces données sont incompatibles avec la présence de produits dextriniformes.

Mais, dès le mois de juin, à partir du moment où le blé forme ses épis, il se produit dans la tige un phénomène remarquable; bien que la proportion de saccharose augmente de façon continue, le pouvoir rotatoire direct $[\alpha_1]$ ne cesse de s'abaisser jusqu'à devenir négatif; corrélativement, l'hydrolyse par les acides libère des quantités croissantes de lévulose; le rapport du dextrose au lévulose qui, en mai, est de 1,48, tombe à 0,28 dès les premiers jours de juillet. L'alcool à 65°-70° dissout encore la totalité des substances hydrocarbonées, mais la sucrase ne produit plus qu'une inversion partielle. Le résidu est *lévogyre;* les acides l'hydrolysent aisément avec production d'une *grande quantité de fructose;* plus il est abondant, plus

(¹) $[\alpha_1]$ désigne le pouvoir rotatoire global avant inversion, comme $[\alpha_2]$ le désignerait après inversion; tous deux sont pris pour la raie D.

$[\alpha_1]$ décroît et plus le fructose l'emporte sur le glucose dans les produits d'hydrolyse. Vraisemblablement il s'agit de la lévosine entrevue par Müntz ([1]) en 1878 et retirée des grains de blé et de seigle en 1891 par Ch. Tanret ([2]) qui lui assigne — 36 et — 76 pour pouvoirs rotatoires avant et après hydrolyse par les acides.

Ces faits résultent d'un grand nombre d'analyses qui trouveront place ailleurs; il suffira d'en présenter ici une série ([3]). Le Tableau suivant donne les quantités d'hydrates de carbone contenues dans 100g d'organes frais; $[\alpha_1]$, pouvoir rotatoire global direct; T, sucre total; R, sucre réducteur; S, saccharose (calculé en saccharose); L, principes lévogyres; $\frac{D}{L}$, $\frac{\text{dextrose}}{\text{levulose}}$.

Dates et heures des récoltes.	Organes analysés.	$[\alpha_1]$.	T.	R.	S.	L.	$\frac{D}{L}$.
			g	g	g		
18 mai, 16h.	Feuilles	+41	1,90	0,49	1,31	0	1,20
	Tiges { moitié supérieure	+22	1,57	0,79	0,69	0	1,14
	Tiges { moitié inférieure	+20	3,40	1,52	0,56	0	1,48
29 mai, 16h.	Feuilles	+40	1,59	0,59	0,87	0	1,40
	Tiges { moitié supérieure	+17	3,90	2,33	0,81	0,72	1,14
	Tiges { moitié inférieure	+10	2,79	2,31	0,45	0	1,57
12 juin, 16h.	Feuilles	+43	2,54	0,70	1,61	0	1,17
	Tiges { moitié supérieure	+13	4,55	2,01	0,89	1,59	1,03
	Tiges { moitié inférieure	+17	3,80	2,16	1,55	0	1,39
26 juin, 16h.	Rachis	+12	4,43	1,00	1,19	2,17	0,62
1er juillet, 16h.	Feuilles	+30	3,35	0,73	2,11	0	1,03
	Tiges { moitié supérieure	0	8,10	0,81	3,82	3,27	0,33
	Tiges { moitié inférieure	— 7	8,74	1,20	2,33	5,08	0,28

Les hydrocarbones non réducteurs présents dans la tige du blé, à l'époque de la maturation, ne sont donc pas autre chose que du saccharose et de la lévosine, ou quelque lévulosane analogue. La « matière de l'ordre des dextrines » dont parle Hébert ([4]), sans la caractériser nullement par ses propriétés optiques, n'a pas plus de réalité que l'amidon signalé dans la paille par Dehérain et Meyer ([5]). Il est illusoire de présumer qu'une plante

([1]) MÜNTZ, *Comptes rendus*, t. 87, 1878, p. 679.

([2]) CH. TANRET, *Bulletin de la Société chimique*, 3e série, t. 5, 1891, p. 724.

([3]) Les dosages ont porté sur une seule variété de blé, le blé des Alliés. Nous adressons nos remercîments à M. J. de Vilmorin et à M. de Chézelles qui ont bien voulu nous autoriser à prélever dans leurs cultures les plantes nécessaires.

([4]) HÉBERT, *Ann. agron.*, t. 17, 1891, p. 97.

([5]) DEHÉRAIN et MEYER, *Ann. agron.*, t. 8, 1882, p. 23.

à graines amylacées ne renferme dans sa tige que du glucose ou des glucosanes (¹); le lévulose, sous forme de saccharose et de lévosine, l'emporte de beaucoup sur le glucose dans la tige du blé, au moment même où le grain se remplit d'amidon.

ZOOLOGIE. — *Apparition fluctuante de caractères sexuels mâles chez* Triton alpestris *femelle*. Note de M. C. Champy, présentée par M. Bouvier.

Parmi de nombreuses femelles de *Triton alpestris* élevées au laboratoire, il en est quelques-unes qui présentent le phénomène suivant :

Après la ponte, des caractères propres au mâle apparaissent pendant une semaine ou deux : les points des flancs deviennent larges et ronds, une crête basse, mais très nette, apparaît avec l'alternance caractéristique de points noirs et jaunes sur toute l'échine. Elle a 1^{mm} de haut environ. Jamais le pigment bleu de ciel n'est apparu, le cloaque est toujours resté parfaitement féminin. Cela dure 15 à 18 jours environ, puis la femelle redevient semblable aux autres.

Toutes les femelles sont loin de présenter ce phénomène. Ce sont celles qui sont élevées au laboratoire depuis plusieurs années qui le présentent surtout.

L'une d'elles, tenue toute l'année au chaud et dans l'eau, a pondu en 1922 dès le début de janvier (²). Après la ponte, les caractères sus-indiqués sont apparus et durèrent 15 jours environ. Elle pondit à nouveau en mai et présenta, la ponte terminée, le même phénomène. Entre les deux périodes de ponte elle prit l'aspect de la régression estivale.

Ce fait me confirma qu'il y avait relation entre la fin de la ponte et l'apparition des caractères mâles. J'ai, de plus, fait en mai l'autopsie comparative de trois femelles qui présentaient des caractères mâles avec quatre autres qui, après la ponte et en mêmes conditions, n'en montraient pas trace.

J'observai que les premières avaient un ovaire complètement vide de gros ovocytes, avec seulement les ovocytes très jeunes qu'on y trouve

(¹) Balland, *Comptes rendus*, t. 106, 1888, p. 1610.

(²) Cette femelle est élevée au laboratoire depuis 3 ans. Le mâle qui était avec elle et qui avait sa parure de noces en janvier était fécond à cette époque, puisque les œufs se segmentèrent normalement.

toujours [1]; les autres avaient, au contraire, dans l'ovaire, de nombreux ovocytes fondus encore, en voie de résorption. L'apparition fluctuante de caractères mâles se montra donc corrélative de l'absence d'ovocytes de grande taille. La courte durée s'explique aisément car, en trois ou quatre semaines, les petits ovocytes ont déjà crû très rapidement. On comprend bien que le phénomène apparaisse surtout chez les femelles habituées à la captivité, dont les conditions ne les gênent plus pour pondre complètement.

Ceci est en accord avec les faits indiqués dans un précédent travail [2], où les ovocytes de grande taille se sont seuls montrés actifs sur les caractères sexuels. De plus, les transplantations d'ovaire à des Tritons mâles ont provoqué une régression de la crête et la disparition des points des flancs.

Le fait que les femelles amaigries par le jeûne et qui n'ont pas de gros ovocytes ne présentent pas de caractères mâles est, en apparence, contradictoire, mais en apparence seulement, car les mauvaises conditions générales peuvent empêcher le phénomène de croissance de la crête.

Il semble donc que la seule interprétation possible, c'est que l'ovaire exerce une action inhibitrice sur certains caractères propres au mâle. J'avais d'ailleurs noté dans le précédent travail que ces caractères paraissent indépendants, dans une large mesure, de l'état du testicule. L'interprétation que je donne ici a l'avantage d'être en parfait accord avec les faits mis en évidence par Pézard chez les Oiseaux. Ces faits ajoutent un élément de complexité de plus au déterminisme des caractères sexuels et montrent combien il est dangereux de raisonner sur l'ensemble de ces caractères.

PROTISTOLOGIE. — *Sur l'évolution des infusoires des Lamellibranches. Relations des Sphénophryidés avec les Hypocomidés.* Note de MM. **Édouard Chatton** et **André Lwoff**, présentée par M. F. Mesnil.

Nous avons fait connaître l'an dernier [3] les *Sphenophrya*, infusoires vivant sur les branchies des divers mollusques acéphales, et que nous avons

[1] Les autopsies m'ont montré, dans tous les cas, un tractus génital femelle normal. J'ai recherché avec soin s'il n'y avait pas de trace d'hermaphrodisme, je n'en ai pas trouvé.

[2] *Arch. de Morphol.*, 1922.

[3] *Comptes rendus*, t. 173, 1921, p. 1495.

donnés comme type d'une famille nouvelle d'Acinétiens. De nouvelles recherches effectuées à la Station biologique de Roscoff nous ont amenés à modifier notre conception de la nature de ces organismes. Les résultats de ces recherches ont été déjà partiellement exposés. Nous avons décrit ([1]) un infusoire sans cils, le nouveau genre *Pelecyophrya* de la famille des *Sphenophryidæ*, intermédiaire entre ceux-ci et les *Hypocomidæ*. Nous avons montré que ces derniers ne sont point, comme on l'admettait jusqu'ici, des Acinétiens néoténiques, mais des Ancistridés très régressés du fait d'un parasitisme cytotrophe. Nous apportons maintenant des précisions sur la morphologie des Sphénophryidés, notamment sur la ciliature et le développement des embryons, d'où résulte pour nous la certitude que les Sphénophryidés et les Hypocomidés n'ont de commun avec les Acinétiens que des caractères de convergence.

Ces caractères de convergence sont : leur condition fixée, leur complète immobilité, l'absence de bouche, la régression très accentuée ou totale de leur ciliature et surtout leur multiplication par bourgeons ciliés. Ils sont purement adaptatifs, et tous liés au premier d'entre eux. Parmi les caractères qui distinguent les Sphénophryidés des Acinétiens, l'absence de tentacules paraissait également adaptative et conséquence de la nutrition osmotique de ces infusoires.

Quant à la présence de vestiges ciliaires, n'en trouvions-nous pas l'exemple dans la prétendue néoténie des *Hypocoma*? Ainsi tout parlait en faveur de la nature acinétienne des Sphénophryidés. Seule l'analyse minutieuse des systèmes ciliaires de l'adulte et de l'embryon a pu révéler les différences fondamentales qui séparent les deux groupes.

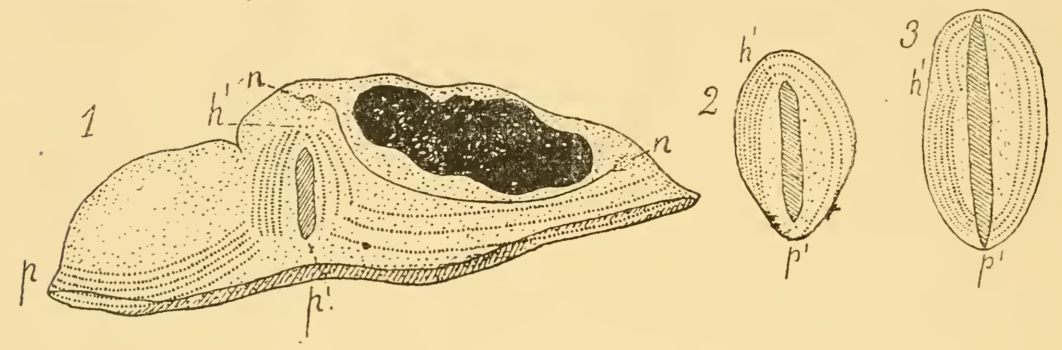
Chez une *Sphenophrya* adulte (*fig.* 1) les stries ciliaires ne forment pas, nous l'avons montré, une ceinture complète, mais deux systèmes indépendants, l'un composé de trois, l'autre de cinq stries (et non de six, que nous avions comptées tout d'abord). Ces deux systèmes s'affrontent en deux points p et p', sans se raccorder.

Sur la saillie embryonnaire (*fig.* 1), ces systèmes de stries apparaissent indépendants l'un de l'autre, en continuité d'ailleurs avec les systèmes homologues du parent. Entre eux se trouve un champ nu, sous lequel se voit la baguette creuse qui est probablement homologue et dérivée du suçoir des Hypocomidés. Le pôle embryonnaire attaché au parent étant considéré comme postérieur, et la face ciliée de l'embryon comme ventrale, le système ciliaire à cinq stries est droit et le système à trois stries gauche.

Une première constatation s'impose : la ciliature de l'embryon n'est pas une

([1]) *Comptes rendus*, t. 175, 1922, p. 915.

ciliature en ceinture du type péritriche, comme celle de tous les Acinétiens vrais d'après B. Collin. Elle est du type méridien comme celle des Hypocomidés d'après nos récentes recherches, comme celle des Ancistridés et des Holotriches en général. Elle est tout à fait homologue de celle de l'aire thigmotactique des *Hypocomidés*, nettement formée de deux champs ciliaires indépendants. Chez *Sphenophrya*, l'aire médiane nue s'élargit de plus en plus et les deux champs ciliaires sont progressivement rejetés sur les faces latérales gauche et droite de l'embryon.



Après libération et fixation du bourgeon par sa face ventrale (*fig.* 2 et 3), de grandes inégalités de croissance altèrent profondément la forme initiale. Tandis que l'infusoire s'accroît surtout suivant un axe antéro-postérieur, le champ ciliaire gauche s'allonge plus que le droit, double le cap antérieur et se continue sur la face droite, jusque vers son milieu, jusqu'au « hile » (h^1). Celui-ci représente donc le vrai pôle antérieur de la ciliature, le pôle postérieur restant au point p^1. L'axe de la ciliature est ainsi courbé à 90° au niveau du hile et l'axe du bourgeon que nous avions considéré tout d'abord comme normal à l'axe du parent — ce qui était conforme à la règle établie par Collin pour les Acinétiens — se trouve dans le prolongement de celui-ci, comme l'axe de l'individu fils de *Pelecyophrya* et d'*Hypocoma* prolonge celui de la souche.

Le mode de bourgeonnement, si confus au premier abord, des *Sphenophrya* se trouve ainsi ramené à la scission transversale d'un *Hypocoma*, et par suite de tous les holotriches. Ceci non seulement eu égard aux rapports de position du bourgeon et de la souche, mais aussi eu égard aux tailles relatives de ceux-ci. Car chez *Pelecyophrya* le bourgeon est à peine plus petit que le parent. Ainsi apparaissent clairement les relations étroites des Sphénophryidés avec les Hypocomidés, et par eux avec les Ancistridés.

Et nous pouvons maintenant essayer d'esquisser l'évolution remarquable qui a conduit des ciliés du type primitif à des formes sans bouche et sans cils à l'état adulte, complètement immobiles et gemmipares. Des Holotriches à ciliature uniforme, doués d'un thigmotactisme accentué (comme déjà les Paramécies), se sont fixés sur les branchies des Acéphales. Ils y ont trouvé à leur portée les particules alimentaires charriées par le courant palléal sans qu'ils eussent à se déplacer pour les rencontrer, mais à condition de les

attirer et de les collecter. Par excitation fonctionnelle de la ciliature antérieure, la frange adorale s'est allongée en hélice. C'est le *stade Ancistridé*, c'est la condition éthologique dite inquilinisme. Mais chez certains Ancistridés, s'est développé, au contact du support, un bouton adhésif devenu ensuite pénétrant et absorbant. La bouche désormais inutile s'est oblitérée; la ciliature adorale a régressé et même la ciliature générale. Seule l'aire thigmotactique s'est conservée, et ne fonctionne d'ailleurs que quand l'animal, ayant épuisé une cellule, rampe vers une autre. Ce stade parasite est le *stade Hypocomidé*. Mais chez certains Lamellibranches vivant dans un milieu riche en matières organiques dissoutes, les infusoires se nourrissent directement par osmose. Les suçoirs ne se développent point, régressent ou se transforment. L'animal définitivement fixé s'hypertrophie, et sa ciliature thigmotactique n'est plus fonctionnelle que chez l'embryon, seul stade vagile du cycle évolutif. C'est le *stade Sphénophryidé*.

Nous n'insisterons pas ici sur les conséquences taxonomiques de ces faits. Dans une classification naturelle, on laissera les Sphénophryidés avec les Hypocomidés et les Ancistridés dans les Holotriches dont ils sont un des nombreux rameaux (que nous proposons de nommer *Thigmotricha*), comme on devrait laisser les Acinétiens à embryons ceinturés de cils dans les Péritriches, à moins qu'il n'apparaisse un jour que ceux-ci proviennent d'Ancistridés à ciliature subcirculaire comme sont actuellement les *Plagiospira* et les *Hemispeira*.

La séance est levée à 16 heures.

A. Lx.

ERRATA.

(Séance du 13 mars 1922.)

Note de M. *Maurice Lecat*, Sur les cayléens et les bicayléens anormaux :

Page 730, ligne 10, *au lieu de* $m_{\eta-1}$, *lire* $m_{\tau-1}$.

Séance du 2 octobre 1922.)

Note de M. *H. Deslandres*, Émission des rayons X, ultra X et corpusculaires par les corps célestes :

Page 507, note (1), ligne 1, *au lieu de* (Gauthier-Villars, 1899), *lire* Gauthier-Villars, 1896).

Page 509, ligne 13, *au lieu de* centimètre cube, *lire* centimètre carré.

Page 512, avant-dernière ligne, *au lieu de* phénomènes les plus importants, *lire* problèmes les plus importants.

(Séance du 27 novembre 1922.)

Note de M. *V. Schaffers*, La foudre et les arbres :

Page 1088, ligne 6 du Tableau, *au lieu de* Robinier 3190, *lire* Robinier 8190; ligne 4 du Tableau en remontant, *au lieu de* Poirier 5930, *lire* Poirier 4930.

(Séance du 4 décembre 1922.)

Note de M. *J. Haag*, Sur la constance de l'homogénéité du fluide représentatif des différents états possibles d'une masse gazeuse :

Page 1136, ligne 25, *au lieu de* infiniment, *lire* indéfiniment.

Page 1137, ligne 6, *au lieu de* F, *lire* P.

Pages 1137 et 1138, équations (2) et (12), les indices 1 doivent être remplacés par *i*.

Note de M. *Maurice Lecat*, Développement des déterminants en fonction de déterminants à espaces axiaux vides :

Page 1186, ligne 10, *au lieu de* $\bigcup^{k-j}$, *lire* $\bigcap^{k-j}$.

Page 1187, ligne 5, *au lieu de* $\overset{\frown}{c}_{n+2\nu+1}$, *lire* $\overset{\frown}{c}_{n-2\nu+1}$; ligne 4 en remontant, *au lieu de* détournements, *lire* déterminants.

(Séance du 11 décembre 1922.)

Note de MM. *L. Fage* et *R. Legendre*, La pêche à la lumière, moyen d'étude de la faune littorale :

Page 1235, ligne 5 en remontant, *après* sur nos indications, *ajouter* par les ateliers de la Direction des Recherches scientifiques et industrielles des Inventions.

Page 1236, ligne 6 en remontant, *après* (les *Mystides* notamment), *ajouter* des Néréidiens.

FIN DU TOME CENT-SOIXANTE-QUINZIÈME.

COMPTES RENDUS

DES SÉANCES DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES

TABLES ALPHABÉTIQUES.

JUILLET — DÉCEMBRE 1922.

TABLE DES MATIÈRES DU TOME 175.

A

23322

B

C

D

E

F

G

H

I

L

M

N

O

P

R

S

T

U

Z

TABLE DES AUTEURS.

A

B

D

E

F

G

H

I

J

K

L

M

N

O

P

Q

R

S

T

U

V

W

Y

Z

GAUTHIER-VILLARS, IMPRIMEUR-LIBRAIRE DES COMPTES RENDUS DES SÉANCES DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES.
Paris. — Quai des Grands-Augustins, 55.

69706-23



